

جامعة حلب
كلية العلوم
قسم الرياضيات التطبيقية والبرمجة

حل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية باستخدام خوارزمية النمل المحسنة

رسالة قدمت لنيل درجة الماجستير في الرياضيات (المعلوماتية)

إعداد

رزان عدنان جاموس

2011-2010



جامعة حلب
كلية العلوم
قسم الرياضيات التطبيقية والبرمجة

حل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية باستخدام خوارزمية النمل المحسنة

رسالة قدمت لنيل درجة الماجستير في الرياضيات (المعلوماتية)

إعداد

رزان عدنان جاموس

باشراف

الدكتور بشير نور خراط
أستاذ في قسم رياضيات

الدكتور حسين الحسان
دكتور في قسم الإحصاء

2011-2010

شهادة

نشهد بأن العمل المقدم في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة رزان جاموس بإشراف الأستاذ الدكتور بشير نور خراط الأستاذ في قسم الرياضيات من كلية العلوم– جامعة حلب، والدكتور حسين الحسان دكتور في قسم الإحصاء من كلية العلوم– جامعة حلب

إن أية مراجع ذكرت في هذا العمل موثقة في نص هذه الرسالة.

المرشحة	**المشرف**	**المشرف المشارك**
رزان عدنان جاموس	**أ.د. بشير نور خراط**	**د. حسين الحسان**

تصريح

أصرح بأن هذا البحث بعنوان " حل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية باستخدام خوارزمية النمل المحسنة" لم يسبق تقديمه للحصول على أية شهادة ،ولا هو مقدم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

المرشحة

رزان جاموس

ملخص العمل في الأطروحة

1- ملخص:

تصاغ عادة مسألة نقل البضائع أو الناس أو المعلومات كمسألة توجيه، حيث أن مسألة التوجيه تملك تطبيقات واسعة، وأصبح تحسين النقل قضية هامة جداً.

ونظرا للأهمية البالغة لمسألة النقل ومشاكلها التي تتزايد بسرعة كبيرة بالتزامن مع التطور التكنولوجي الهائل في علوم الحاسب والاتصالات فقد تركزت جهود الكثير من الباحثين على محاولة حل مشاكل النقل فظهرت ما تسمى مسائل التوجيه والتي حازت على كثير من الاهتمام في السنوات الأخيرة.

أساس مسألة التوجيه وأبسط أشكالها هي مسألة البائع المتجول Traveling Salesman Problem (TSP).والتي ظهرت لأول مرة عام 1920 من قبل Karl Menger [1]ومن ثم في عام 1930 قدمها بشكل رياضي [1].

فيما بعد تطورت مسألة البائع المتجول ليظهر شكل جديد لمسألة التوجيه هي مسألة توجيه العرباتVRP (VehicleRouting Problem) والتي قدمها لأول مرة Dantzig وRamser عام (1959) [2]،ومن ثم ظهرت أشكال جديدة ومختلفة لمسألة توجيه العربات، أحد هذه الأشكال هي مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW).

العديد من الطرائق تم استخدامها لحل مسألة التوجيه بمختلف أشكالها مثل الخوارزميات المعتمدة على البرمجة الديناميكية، توسيع لاغرانج، وتوليد العمود الخ... . بالإضافة إلى طرائق أخرى مثل الخوارزميات الجينية (Genetic Algorithms)،بحث توبا (Tabu Search)، الانصهار الزائف(simulated annealing) ، ونظام النمل (Ant system).

في هذه الأطروحة قدمنا طريقة لحل مسألة توجيه العربات تعتمد على خوارزمية النمل (ACO) بعد إضافة بعض التعديلات عليها حيث يتم تحديث القوائم المرشحة بعد كل تكرار، كما أن حساب قيمة الحمض المترسبة الأولية لا تعتمد على طول مسافة الطرق المعروفة فحسب وإنما أيضاً تعتمد على الحلول المتاحة التي يتم إيجادها وذلك لتحسين الحل في المراحل اللاحقة، وكذلك لم يعتمد حساب الإمكانية (Visibility) على المسافة بين الزبونين فقط وإنما أيضاً تم أخذ بعين الاعتبار معايير أخرى مثل المسافة بين الزبون ومحطة الانطلاق، والشرط الزمني المرفق بالزبون وكذلك من هي العربة التي يجب أن تتحرك أولاً (الأولوية).

بغية اختبار جودة خوارزمية النمل المقترحة تم مقارنة نتائج تطبيقها على مسألة توجيه العربات ذا ت القيود الزمنية مع خوارزمية النمل التقليدية و طرائق الجار الأقرب حيث حصلنا على نتائج مرضية.
قد تم نشر النتائج التي حصلنا عليها في هذه الرسالة في مجلة البحوث جامعة حلب [3],[4].

2- هدف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة لحل مسألةVRPTW باستخدام خوارزمية من خوارزميات الذكاء الصنعي وهي خوارزمية مستعمرة النمل ANT COLONY وذلك للحصول على حلول أمثلية تهدف إلى:

أولاً: تخديم الزبائن بأقل عدد ممكن من العربات.

ثانياً: تصغير المسافة الكلية المقطوعة خلال رحلة التخديم إلى أقل قدر ممكن.

ثالثا: تقليل الكلفة إلى أدنى حد ممكن وبالتالي تحقيق ربح أكبر.

رابعاً: تحقيق أفضل توزيع لمراكز الخدمة بزمن يتوافق مع المطلوب.

ومن ثم مقارنة الطريقة المقترحة (حل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية باستخدام خوارزمية مستعمرة النمل) مع إحدى الطرق المستخدمة لحل هذه المسألة وهي طرائق الجار الأقرب واختبار كفاءة الطريقة المقترحة.

المحتويات

قائمة الأشكال

قائمة الجداول

شكر وتقدير

لله رب العالمين الحمد والشكر والسجود....

ولوطني الحبيب سورية الكرامة....

أسمى آيات الشكر والمحبة والتقدير لمن كان نبراساً من العلم والمحبة والعطاء شع بها طريق نجاحي الأستاذ الدكتور بشير نور خراط المشرف العلمي لما قدمه من دعمٍ علميٍ ومعنويٍ عالٍ في إنجاح هذه الرسالة .

وأقدم جزيل شكري وعميق امتناني إلى الدكتور حسين الحسان المشرف العلمي المشارك لما قدمه من إرشاد وتوجيه في هذه الدراسة.

كل الحب والتقدير لرمزي العطاء والحنان والدتي أدامها الله... ووالدي أدامه الله وحفظه.

ما أخص بالشكر الجزيل أختاي الدكتورتين رنا ورشا لما قدمه من دعم ومساعدة .

كل المحبة والاحترام إلى أخوتي وأخواتي ......

إلى من سكن في حنايا القلب..إلى حبي وحياتي.. إلى سر نجاحي زوجي الغالي الدكتور حسام.

إلى فلذتي كبدي ... وزهرتي حياتي رنيم و يمان.

وأخيراً إلى أصدقائي الأعزاء اللذين وقفوا إلى جانبي وقدموا لي كل الدعم .

رزان عدنان جاموس

الفصل الأول

مفاهيم عامة حول مسألة توجيه العربات

1-1 مقدمة

يتناول هذا الفصل المبادئ العامة لمسألة توجيه العربات (VRP) و عناصرها الأساسية المختلفة التي ظهرت لهذه المسألة بالإضافة إلى أشهر استخدامات هذه المسألة وكذلك سنشرح باختصار بعض الطرائق المستخدمة لحل مسألة توجيه العربات بينما سنتناول خوارزمية النمل بشيء من التفصيل وسنقدم بعض أهم استخداماتها.

2-1 العناصر الرئيسية لمسألة توجيه العربات

مسألة توجيه العربات هي مسألة تهتم بنقل الطلبات بين المحطة الرئيسية و الزبائن أو بنقل الركاب بواسطة أسطول من العربات، كأمثلة على ذلك نذكر: عربة توزيع الحليب، تسليم البريد ،سيارات الإسعاف و غيرها.بشكل عام،حل مسألة توجيه العربات يعني إيجاد أفضل توجيه لخدمة جميع الزبائن باستخدام أسطول العربات ، و الحل يجب أن يضمن تخديم جميع الزبائن، معا لأخذ بعين اعتبار القيود التي قد تفرض على المسألة مثل (سعة العربة و وقت العمل الأعظمي للسائق و تصغير كلفة النقل الإجمالية).

إن مسألة توزيع العربات تصنف إلى نوعين:

1) **التوجيه الثابت للعربات(Static Vehicle Routing):**

فيها تكون كل المعلومات المطلوبة (الطلبات الواجب تخديمها، أزمنة المغادرة والوصول،الزبائن...) معروفة مسبقاً قبل بدء عملية توجيه العربات.

2) **التوجيه الحركي للعربات (Dynamic Vehicle Routing)**:

في هذه الحالة بعض الطلبات تكون معروفة مسبقاً قبل بدء العمل اليومي، ولكن مع مرور ساعات العمل اليومي قد تصل طلبات جديدة وبالتالي على الإدارة تخديمها وذلك بإدراجها ضمن جدول عملها اليومي وهذا ممكن باعتبار أن هناك وسائل اتصالات متطورة توفر تلك الإمكانية وبهذه الطريقة يمكن للإدارة الاتصال بالسائقين وتزويدهم بالتوجيهات الجديدة لتخديم الطلبات الواصلة حديثاً، وهذا يعني أن السائق يعرف دائما الزبون التالي الذي يتوجب عليه تخديمه.مثال على ذلك توجيه السيارات العامة التي تقوم بتوصيل اسطوانات الغاز للمنازل.

المكونات الرئيسية لمسألة توجيه العربات [5]وهي:

1-2-1 شبكة الطريق :

تمثل شبكة الطرق بيان(graph)، حيث تتوضع كل من محطة الانطلاق و الزبائن في العقد بينما الأضلاع تمثل المسافة (المسافة أو الزمن ، أو المسافة و الزمن معاً) بين العقد . المخطط البياني لشبكة الطريق يمكن أن يتضمن تفاصيل الخريطة ، المسافات بين مناطق تواجد محطات الانطلاق و الزبائن.

باستخدام بعض الخوارزميات يمكن إيجاد أقصر الطرق، مع اعتبار المسافة و الوقت، بين كل عقدتين من أجل بناء مصفوفة المسافة. وحسب المصفوفة الناتجة يمكن أن تظهر حالات مختلفة، مثال على ذلك، إذا كان زمن الرحلة على الأضلاع يعتمد على التوقيت خلال اليوم (بشكل عام معظم المدن مزدحمة) عندئذ يكون لدينا مسألة توجيه العربات المعتمدة على الزمن وهي المشكلة التي سنحاول إيجاد أفضل حل لها من خلال دراستنا.

1-2-2 العربات:

تعُتبر العربات و خصائصها قيوداً في نموذج توجيه العربات. يمكن أن تكون عربات الأسطول متجانسة (كل العربات لها نفس الخصائص) وإلا يقال أنها غير متجانسة. معظم عربات الأسطول الحقيقي غير متجانسة في الميزات الميكانيكية (الطول، العرض، الاتساع، عدد العجلات)، أشكالها (مقطورة، شبه مقطورة، فان، الخ) تعرف كقيود داخلية للعربة. مثلاً العربة لا يمكن أن تسافر في طريق ما بسبب الوزن الزائد أو الأبعاد. تجهيزات السيارة مثل أجهزة التحميل و التفريغ يمكن أن تعتبر كقيود داخلية للعربة و التي تعمد على الزبون الذي يجب أن يُخدم .مثلاً الزبون يجب أن يخدم فقط بواسطة شاحنات قلابة (ذات الرفع الهيدروليكي). قيود السعة (الحمولة الممكنة) مثل الحمولة القصوى للعربة و هي تتعلق أيضاً بالميزات الميكانيكية للعربة. ومقدار هذه الحمولة القصوى تحدد حسب نوع المواد المحمولة مثلاً يمكن أن تكون الحمولة القصوى للعربة مقدرة بالطن أو بعدد اللترات في حال كانت العربة عبارة عن صهريج،أو بعدد الصناديق الممكن تحميلها،....الخ.

1-2- 3 الزبائن:

يطلب كل زبون كمية من البضائع (طلبية) التي يجب أن تسلم إليه أو أن تُجمع في موقع الزبون. يمكن أن يتم تحديد الفترات الزمنية التي يمكن خلالها أن يُخدم الزبون . هذه القيود الزمنية يمكن أن تكون وحيدة (يوجد فاصل زمني واحد و مستمر) أو متعددة (فواصل زمنية منفصلة، مثلاً التسليم يتم من الساعة 10 إلى الساعة 11 صباحاً ومن الساعة 3 إلى الساعة 4 مساءً).

القيود الزمنية يمكن أن تكون صارمة (قاسية) وبالتالي العربة لا تستطيع الوصول بعد الزمن المعطى المحدد لها، لكن يمكن أن تنتظر إذا و صلت مبكراً.في هذه الحالة تابع الهدف يحاول تصغير المسافة و وقت الانتظار. و من جهة أخرى عندما تكون الغرامة في حالة الإخلال بالقيود الزمنية هي التعويض المادي عندئذ تدعى هذه القيود بالسهلة.

و أخيراً نموذج توجيه العربة يمكن أيضاً أن يتضمن التنبؤ بأوقات التحميل والتفريغ عند الزبون (زمن الخدمة) . تعتمد هذه الأوقات على التسهيلات المقدمة من الزبون و على كمية الطلب ، وتستخدم أيضا هذه الأوقات لحساب وقت التسليم اللازم والذي عنده تكون العربة جاهزة للانطلاق إلى الزبون التالي خلال رحلتها .

3-1 الأشكال المختلفة لمسألة توجيه العربات (VRP):

في هذه الفقرة سنقوم بشرح الأشكال المختلفة لمسألة توجيه العربات والتي ظهرت نتيجة تطور هذه المسألة وإدخال قيود جديدة عليها . فيما يلي شرح يوضح معظم الأشكال التي ظهرت لهذه المسألة.

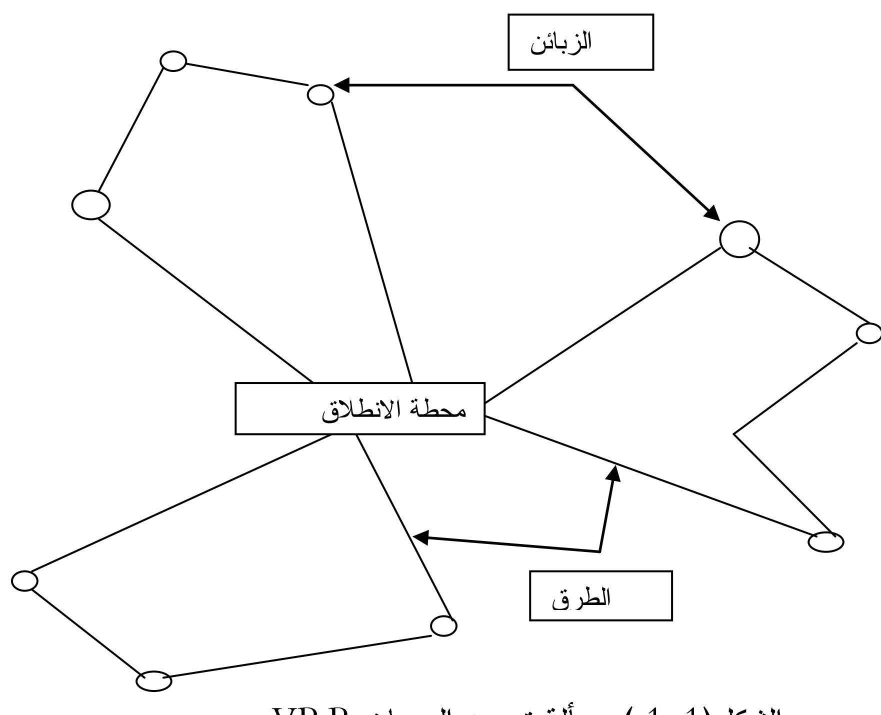
1-3-1 مسألة البائع المتجول (Traveling Salesman Problem):

هي الشكل الأبسط لمسائل التوجيه، في مسألة البائع المتجول يفترض وجود بائع متجول عليه زيارة عدد ما من المدن المبعثرة حيث انه يعرف الطرق الواصلة بين المدن وأطوال هذه الطرق، عندها عليه إيجاد الجولة الأقصر بين مجموعة المدن بحيث يمر بكل المدن ولا يمر بالمدينة الواحدة لأكثر من مرة وبحيث تكون المسافة المقطوعة أصغر ما يمكن بالتأكيد يتم تعميم هذه المسألة على مسائل أوسع أهمها إيجاد المسارات المثالية للأسلاك في الدارات المطبوعة بين نقطتين على الدارة مروراً بعناصر محددة، كما أنها تستخدم بكثرة في تحديد مسارات الطائرات وغيرها من التطبيقات العملية.

مصفوفة المسافة : تتكون من المسافة بين زبونين.

2-3-1 مسألة توجيه العربات VRP:

هي مسالة TSP مع m عربة حيث الطلبية مرفقة بكل مدينة والنظام يملك قيود عديدة. صيغتVRP لأول مرة من قبل Dantzig وRamser عام (1959)[2]، حيث يمكن أن تعرف كمسألة تصميم مجموعة من الرحلات ذات الكلفة الأقل للعربة. حيث إن الرحلة تبدأ وتنتهي في محطة الانطلاق الرئيسية،من أجل أسطول العربات التي تخدم مجموعة من الزبائن مع طلبيات معروفة [2] كما هو مبين بالشكل (1-1). كما أن كل زبون يُخدم بواسطة عربة واحدة فقط.



الشكل(1-1) مسألة توجيه العربات VRP

1-3-3 مسألة توجيه العربات ذات السعة المحدودة:

عادة تصاغ مسألة VRP مع وجود قيد السعة المحددة [6] لذلك مسألة توجيه العربات تملك نفس معنى مسألة توجيه العربات ذات السعة المحدودة (Routing ProblemCapacitated CVRP : Vehicle)، وفيها كل الزبائن ترسل طلبات، والطلبيات تكون معروفة مسبقا، ولا يمكن أن تُقسم أي لا يمكن نقلها بأكثر من عربة .العربات متطابقة من حيث خصائصها و متوضعة في محطة الانطلاق الوحيدة، و تفرض فقط قيد السعة على العربات.

4-3-1 مسألة توجيه العربات ذات قيد المسافة(DCVRP: Distance-Constrained):

تعتبر أحدى أشكال مسألة توجيه العربات ذات السعة المحدودة ، حيث يستبدل قيد السعة المحدودة لكل طريق بقيد الطول الأعظمي للطريق[7].

1-3-5 مسألة توجيه العربات مع إمكانية التخديم في طريق العودة (VRP with Backhauls :VRPB):

شكل آخر لمسألة توجيه العربات ذات السعة المحدودة هي مسألة توجيه العربات مع إمكانية التخديم في طريق العودة حيث أن طريق العودة مغاير لطريق الذهاب، وفيها تقسم مجموعة الزبائن إلى مجموعتين جزئيتين، المجموعة الأولى تشتمل على الزبائن الواجب تخديمهم في طريق الذهاب وكل واحد منهم يطلب توصيل كمية معينة من البضائع. بينما المجموعة الجزئية الثانية تتضمن مجموعة الزبائن والذين سيتم تخديمهم في طريق العودة حيث هناك كمية محددة من البضائع الواجب نقلها للزبائن وذلك خلال مرحلة العودة باتجاه محطة الانطلاق الرئيسية. في هذه المسألة المجموعة الجزئية الأولى من الزبائن تملك أفضلية أعلى من زبائن المجموعة الجزئية الثانية أي أنه في حال كان الطريق يخدم كلا لمجموعتين زبائن المجموعة الأولى أولاً[8].

1-3-6 مسألة توجيه العربات مع التحميل والتسليم (VRP with Pickup and Delivery :VRPPD):

شكل آخر من أشكال مسألة توجيه العربات. وفيها يقترن بكل زبون كميتان الأولى هي كمية من البضائع المتماثلة والتي يجب تسليمها للزبون والثانية هي الكمية التي يجب تحميلها من هذا الزبون، مع ملاحظة أن طريق الذهاب هو نفسه طريق العودة ، كما أنه يجب أن تتم عملية التسليم للزبون قبل الشروع بالتحميل منه[9].

1-3-7 توجيه العربات هي مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية (Vehicle Routing Problem With Time Windows :VRPTW):

وفيها يتم إضافة قيد زمني على الزبون وآخر على محطة الانطلاق الرئيسية حيث أن الزبون يجب تخديمه خلال فترة زمنية محددة [10].

1-3-8 مسألة توجيه العربات مع التحميل والتسليم مع وجود قيد زمني (VRPPD with Time Windows VRPPDTW):

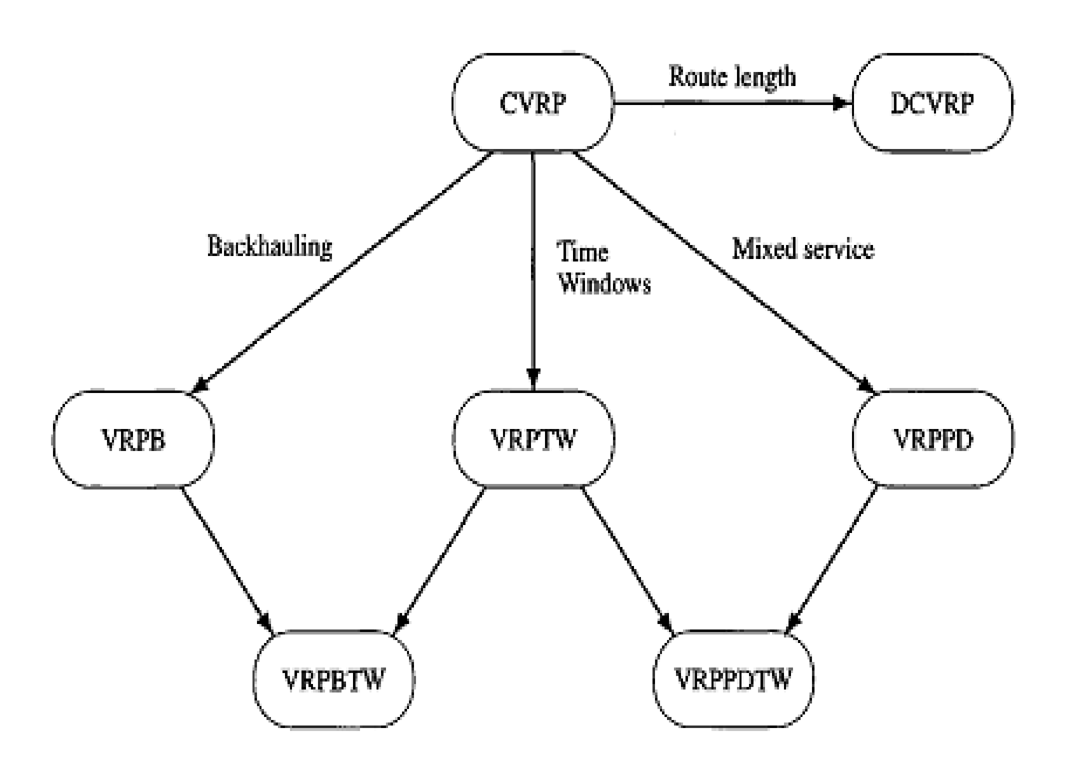
وهي مشابهه لمسألة توجيه العربات مع التحميل والتسليم ولكن يتم فرض قيد جديد على المسألة وهو قيد الزمن[11].

1-3-9 مسألة توجيه العربات مع إمكانية التخديم في طريق العودة مع وجود قيد زمني VRPB with Time Windows :VRPBTW):

وهي مشابهه لمسألة توجيه العربات مع إمكانية التخديم في طريق العودة ولكن يتم فرض قيد جديد على المسألة وهو قيد الزمن[12].

1-3-10 مسألة توجيه العربات مع إمكانية تقسيم الطلبية (SplitDelivery Vehicle Routing Problem:SDVRP):

وهذه المسألة مشابهه لمسألة توجيه العربات التقليدية بخلاف أنه يتم إلغاء القيد الذي ينص على أن الزبون يتم المرور عليه بواسطة عربة واحدة فقط،بكلمات أخرى أي أنه يمكن تقسيم الطلبية وتخديم الزبون عن طريق أكثر من عربة يتم تجزئة الطلبية وتوصيلها للزبون بواسطة أكثر من عربة)[13].
الشكل(1-2) يوضح الأشكال المختلفة سالفة الذكر لمسألة توجيه العربات وعلاقتها مع بعضها البعض.



الشكل (1-2) أشكال مسألة توجيه العربات وعلاقتها مع بعضها

4-1 بعض التطبيقات العملية لمسألة توجيه العربات:

تمتلك مسألة توجيه العربات الكثير من التطبيقات العملية والتي نصادفها في حياتنا اليومية، على سبيل المثال رحلة الطلاب اليومية إلى مدارسهم أو جامعاتهم ، حركة العاملين في رحلتهم الاعتيادية إلى أعمالهم ومكاتبهم، عمال المطاعم في توصيل الوجبات السريعة للزبائن، نقل البضائع من المخازن إلى التجار ومن ثم إلى الموزعين والزبائن، تسليم البريد، توزيع الصحف، جمع النفايات، تسليم الوقود، التجارة الالكترونية عبر الانترنت،توجيه عربات الإسعاف في حالات الكوارث، التحكم بحركة القطارات، مسألة نقل الجنود إلى أماكن توزعهم خلال الحروب أو الكوارث، إن استخدام مسألة توجيه العربات في مثل هذه الحالات يؤدي إلى إنقاص الكلفة بشكل ملحوظ إضافة إلى زيادة كفاءة وفعالية إدارة التوزيع والتي تظهر جلياً بخفض تكاليف التوزيع وأحيانا تؤدي إلى إنقاص الزمن والتي

غدت على درجة عالية من الأهمية نظراً لتزايد أسعار الوقود وقلة الموارد المادية، زيادة الضغط على البيئة من جراء التلوث والضجة ، في مايلي سنقدم بعض الأمثلة الواقعية لاستخدام مسألة توجيه العربات وتوضيح التحسين الذي يحققه استخدام مسألة توجيه العربات.

1-4-1 مسألة التوزيع:

أوضح Bodin و آخرون [14] أن كلفة التوزيع البضائع في الولايات المتحدة الأمريكية بلغت حوالي 400 بليون دولار سنوياً بالمقارنة مع 15 بليون في انكلترا. كما أن Fisher[14] تبعاً لدراسة أجراها عام 1978 فإن تكاليف النقل تمثل ما يقرب 15% من الناتج القومي الإجمالي للولايات المتحدة الأمريكية. و قد أثبتت الدراسات والأبحاث التي تم إجراؤها أن استخدام تقنيات التوجيه مثل توجيه العربات بأشكالها تظهر خفض كبير في تكاليف التوزيع، فمثلاً شركة صناعة الغاز تحقق توفير ما بين 6% و 15% من كلفة التشغيل سنويا بتطبيق أنظمة التوجيه. كما أن التوفير السنوي لعملية تجميع الحليب في ايرلندا جراء استخدام تقنيات توجيه العربات بمختلف أشكالها يتجاوز 13%.أيضاً استخدام تقنيات التوجيه أدت إلى إنقاص 13% سنويا من المسافة الكلية المقطوعة بالنسبة لخدمة توصيل الوجبات لكبار السن و تطبيقاتها في أطلنطا والولايات المتحدة [15].

2-4-1 توجيه العربات و جمع النفايات:

ركز Beltrami و Bodin[16] في مقالتهم كيفية الاستفادة من تطبيق تقنية توجيه العربات في صناعة النفايات الصلبة بهدف تقليل الهدر في نيويورك حيث أوضحوا أن بلدية نيويورك أعلنت أن الميزانية السنوية المرصودة لجمع النفايات بلغت حوالي 200 مليون دولار وذلك عام (1970 بالإضافة إلى قرابة 11000 عامل للقيام بهذه المهمة حيث أن المشكلة تتضمن أنه يجب المرور على بعض المناطق ثلاث مرات أسبوعياً بينما بعض المناطق الأخرى يتطلب المرور ست مرات أسبوعياً. في عام 1996 كانت كلفة جمع النفايات الصلبة في الولايات المتحدة الأمريكية حوالي 39.5 بليون دولار وبعد تطبيق تقنية التوجيه لإدارة عملية صناعة النفايات الصلبة انخفضت الكلفة بحوالي 3 بليون دولار ليصل إلى 36.5 بليون دولار. بينما زادت كمية النفايات الصلبة المجمعة بنسبة 3.7% من عام 1996 إلى عام 1997 أي من328 مليون طن إلى 340 مليون طن.

3-4-1 توجيه العربات و توزيع الألبان:

استخدام توجيه العربات في توزيع الألبان والمشروبات والطعام: حيث تشكل صناعة هذه المنتجات الحجم الأكبر من المبيعات وبالتالي عمليات التوزيع المرافقة لها ستكون كبيرة جداً ولبيان أهمية هذه الصناعات يكفي أن نوضح أن بيع التجزئة للمشروبات بلغت في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1997 حوالي 178.91 بليون دولار[17]، بينما في صناعة الطعام حوالي 3000 شركة تتقاسم 140 بليون دولار سنوياً قيمة المبيعات السنوية[18]، أما في صناعة الألبان شاملة المعالجة والتوزيع

والبيع لمنتجات الحليب والزبدة والأيس كريم (المثلجات) فقد بلغت حوالي 56 بليون دولار في الولايات المتحدة الأمريكية[19]. وعند استخدام تقنية توجيه العربات تحقق تحسن ملحوظ من حيث المسافة المقطوعة ومن حيث تكلفة التوزيع حيث أن المسافة المقطوعة خلال اليوم بالنسبة للعربات انخفضت بمقدار 79 ميل أما بالنسبة للشاحنات فقد انخفضت بمقدار 92 ميل بينما تكلفة التوزيع كانت تشكل 21% من العائد وانخفضت بمقدار 60% [20] و[21].

1-4-4 توجيه العربات و توزيع الصحف:

استخدام مسألة توجيه العربات في توزيع الصحف والجرائد اليومية تعتبر مسألة توزيع الصحف اليومية واحدة من أكبر مسائل التوزيع. في عام 1998 مثلاً يتراوح عدد النسخ التي تم توزيعها لأكثر 20 صحيفة انتشاراً في العالم مابين 14.53الى 1.73 مليون نسخة. فمثلا في الولايات المتحدة الأمريكية يتراوح عدد النسخ الموزعة بالنسبة لأكثر 20 صحيفة انتشاراً ما بين 1740000 إلى 378000[19]. وهذا يبين مدى أهمية هذه المسألة مما استدعى تطبيق تقنية توجيه العربات بهدف تحقيق أفضل عائد وتخفيض التكلفة ولا سيما أن صناعة الصحف عملية معقدة ومكلفة تبدأ من عملية طباعة الصحف في المطابع ومن ثم تحميلها في الشاحنات لتوصيلها إلى الموزع الرئيسي ومنه إلى نقاط التوزيع المختلفة المنتشرة في أماكن واسعة ومتعددة ومن بعد تسليمها للزبائن في مكاتبهم أو بيوتهم ....الخ.لذلك فإن عملية توزيع الصحف تخضع لقيد الزمن حيث أن أغلب الصحف يومية وبالتالي فإنه يتوجب تسليمها في نفس اليوم التي صدرت فيه وإلا فلا قيمة لها وكذلك يجب تسليمها منذ الصباح أي في بداية اليوم، أيضاً ربما طبيعة الصحف المطلوبة تختلف من يوم لآخر ومن تخصص لآخر بعضها رياضية أو إخبارية أو اقتصادية الخ، كما أنه يجب أن لا يتم توصيل أكثر من نسخة للزبون وبالتالي فإن هذه المسألة لا تخلو من التعقيد وتتطلب عدد كبير من العربات والعاملين لتنظيم عملية التوزيع ومن هنا تأتي أهمية استخدام تقنية توجيه العربات في هذه المسألة. وصف Sciarrone [22], كيفية تطبيق توجيه العربات لحل مشكلة توزيع الصحف حيث طبقها على مسألة توزيع الصحف على 400 منفذ توزيع خلال 90 دقيقة ، حيث اعتبر أن الكمية المطلوبة عند كل منفذ توزيع معروفة وأن بعض المنافذ تفرض عليه قيود زمنية ، وقد استخدم أسطول من العربات يصل عددها إلى 15 عربة، وكل عربة تحمل كحد أقصى 10000 صحيفة وهذه المسألة مشابهة لمسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية(VRPTW) وبمحطة انطلاق رئيسية واحدة .وعند استخدام تقنية توجيه العربات لحل هذه المسألة أدت إلى تحسين في الأداء حيث تناقصت عدد العربات من 15 إلى 13 كما حققت توفير في زمن الرحلات يصل إلى 7% وأوجدت طريق جديدة أكثر توازن وأكثر كفاءة.

1-4-5استخدام توجيه العربات في مسألة توجيه حافلة نقل الطلاب إلى مدارسهم:

هذه المسألة تعتبر أحد التطبيقات العملية على أرض الواقع لمسألة توجيه العربات وتهدف إلى تنظيم وتوجيه سير مجموعة حافلات نقل الطلاب من أماكن مختلفة وإيصالهم إلى مدارسهم مع مراعاة بعض القيود الواجب أخذها بعين الاعتبار مثل العدد الأعظمي للطلاب الذي تستوعبه كل حافلة، الزمن الأعظمي المسموح لركوب الطلاب في حافلاتهم، بالإضافة إلى القيد الزمني الذي تفرضه المدرسة والذي يمثل بداية الدوام الرسمي ونهايته. وهذا النوع من المسائل يجب أن يعالج عدة قضايا مثل عدد محطات التوقف ،اختيار محطات التوقف، توليد الطريق الأفضل للوصول إلى المدارس، كذلك زمن قرع الجرس كبداية لبدء القيد الزمني للمدرسة (بداية الدوام) ، بالإضافة إلى كيفية جدولة أوقات انطلاق الحافلات وتنسيقها بحيث لا يحصل تعارض أو تأخير[23].

5-1 بعض الطرائق المستخدمة لحل مسألة توجيه العربات

في هذه الفقرة سنقتصر على شرح طريقتين من أشهر الطرائق المستخدمة لحل مسألة توجيه العربات الأولى هي خوارزمية الجار الأقرب و تحسيناتها إما الطريقة الثانية فهي خوارزمية مستعمرة النمل Ant Colony Algorithm والتي سنستخدمها في طريقتنا المقترحة مع إدخال بعض التعديلات عليها بهدف حل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية.

1-5-1 الخوارزميات الجينية (Genetic Algorithms)[24]:

تعتبر تقانة الخوارزمية الوراثية (GA) إحدى تقانات الذكاء الصنعي AI في مجال تعليم الآلة وتعتبر من التقانات الهامة في البحث عن الحل الأمثل من مجموعة حلول متوفرة لمشكلة بحث ما ولاسيما عندما يكون فضاء الحلول المحتملة كبير جداً .

تعتمد خوارزمية الجينية (GA) على محاكاة التطور البيولوجي للكائنات الحية وفقا لنظرية التطور لداروين وخاصة مبدأ البقاء للأصلح ، كما أنها تحاكي المبادئ الأساسية في علم الوراثة البيولوجي (الطفرة، التزاوج...الخ) وذلك لإيجاد الحلول المثلى للمسائل المعقدة وهي خوارزمية بحث عشوائي مبنية على أساس تقنية الحلول المثلى تحاكي النشوء الطبيعي و ذلك عن طريق تشفير الحلول الممكنة لتمثيلها على شكل سلاسل مشابهة لسلاسل الصبغي ومن ثم تطبيق (وبشكل عشوائي) بعض العمليات البيولوجية (النسخ ، التصالب ، الطفرة) و العمليات الصنعية (العكس) لإنتاج الحل الأمثل .

1-5-1-1 مفاهيم الخوارزمية الوراثية :

- **الفرد individuals :**

الفرد هو حل مفرد ومجموعة الأفراد تجمع شكلين الصبغين (chromosome) يمثل صف المعلومات(genetic) المعالجة من قبل الخوارزمية الوراثية والنمط الظاهري (phenotype) يعبر عن الصبغي من طرف النموذج المدروس .

يقسم الصبغي إلى مورثات gene كل منها يشكل معامل من معاملات التحكم .والصبغي يحوي معلومات عن الحل الذي يمثله بطريقة ما وبالتالي فكل صبغي يمثل حل لكن هذا لا يعني أن كل حل يشفر بصبغي واحد فقط .

- **المورثة gene :**

هي سلسلة بيتات بطول نسبي وتمثل معامل وحيد.

- **اللياقة Fitness (الملائمة):**

لياقة الفرد هي قيمة تابع الهدف لنمطه الظاهري .ولحساب لياقة الفرد يجب فك تشفيره أولاً ولا تعبر اللياقة عن الحل كم هو جيد بل كم يقترب الصبغي من الحل الأمثلي .

- **المجتمع population :**

هو مجموعة من الأفراد وما يهم في الخوارزمية الوراثية: 1- مجتمع الجيل الأول 2- حجم المجتمع ، ويعتمد حجم المجتمع على تعقيد المشكلة وعادة يكون عشوائي .حجم المجتمع الكبير أكثر فائدة إلا أنه يتطلب كلفة و حسابات وذاكرة ووقت أكبر .وبشكل عام يكون حوالي 100 فرد ويمكن تغييره تبعاً للوقت والذاكرة.

- **بنية المعلومات data structures :**

البنى الأساسية للمعطيات هي الصبغيات – الأنماط الظاهرية – قيم تابع الهدف – قيم اللياقة. ويخزن مجتمع الصبغيات في GA كمصفوفة واحدة بعدد الأفراد وطول تمثيلها الوراثي .كذلك تخزن الأنماط الظاهرية كمصفوفة واحدة يتم الحصول عليها من تخطيط التمثيل الصبغي والذي يختلف حسب طريقة فك التشفير أما قيم تابع الهدف فيتم تقيسها أو جعلها كشعاع بنفس طريقة تخزين قيم اللياقة .

1-5-1-2 إستراتيجية البحث(search strategies):

عملية البحث تتألف من تهيئة مجتمع أولي وإجراء تزاوج لإنتاج أفراد جدد حتى يتحقق شرط التوقف وهناك عدة أهداف لعملية البحث أحداها : هي إيجاد حل أمثلي عام وهناك احتمال دائما أن الدورة التالية ستعطي حل أفضل

الأخرى :حدوث تقارب(نقطة التقاء) أسرع عندما يكون تابع الهدف مكلف في التنفيذ أو بأية حال زيادة فرصة التقارب المحلي باحتمال ازدياد الأمثلية. توليد مجال من التنوع للحلول الجيدة .
كذلك : المقدرة على الاختيار بين قيمتين أمثليتين مختلفتين متشابهتين في اللياقة .

1-5-1-3 تطبيقات الخوارزمية الوراثية :

المجال	نوع التطبيق
التحكم	أنابيب الغاز – مراوغة القذائف – الملاحقة –تخطيط المسار
التصميم – جدولة المهام	تصميم أنصاف النواقل – تصميم طائرة –ترتيب لوحة مفاتيح – تصنيع شبكات الاتصال – جدولة المهام– تخصيص المصادر
الروبوتية	تخطيط مسار روبوت
تعليم الآلة	تصميم شبكة عصبية –تحسين خوارزميات التصنيف – أنظمة التصنيف
معالجة الإشارة	تصميم المرشحات
الأمثلية	البائع المتجول – تلوين الرسوم البيانية وتقسيمها–التوجيه – ملء الخزانات(المستوعبات)–مسألة توجيه العربات

1-5-2 خوارزمية مستعمرة النمل (ANT COLONY ALGOTHIM)

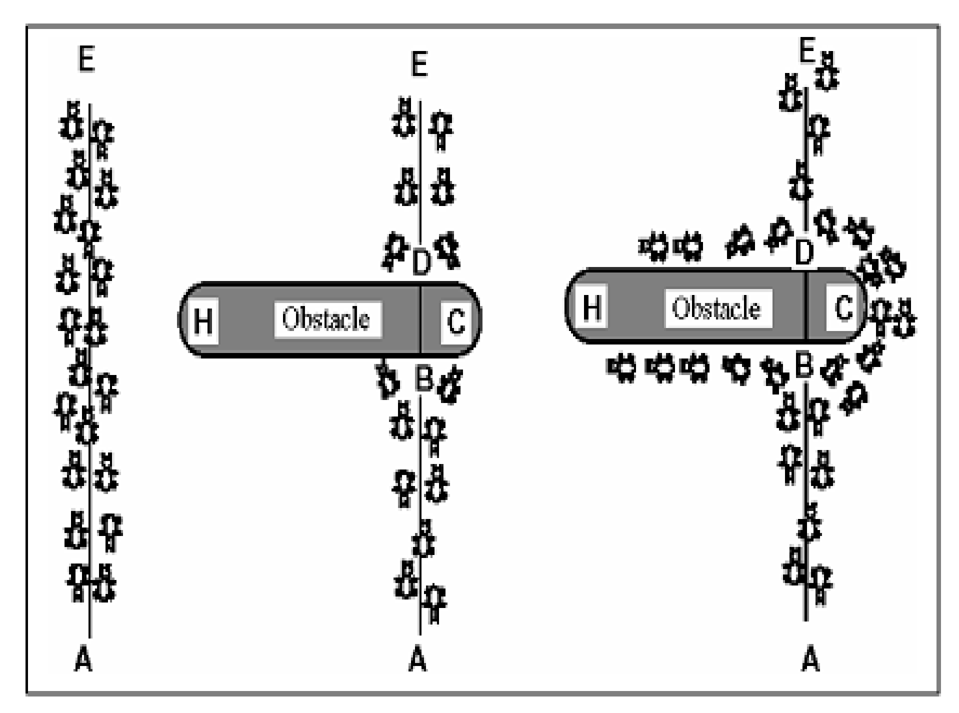
مع بداية التسعينات من القرن الماضي بدأت الأبحاث تتجه إلى أبعد مماسبق فبدأت بمحاكاة الكائنات الحية الأقل ذكاءً و التي لها إمكانيات محدودة كالنمل و الطيور و الأسماك و التي في نفس الوقت تبدي سلوكاً اجتماعياً شديد الذكاء ففي عام 1990 اقترح العالم الإيطالي[25] Diarogo الخوارزمية Ant Colony Optimization _ ACO" التي تحاكي مستعمرات النمل. كما في عام 1995اقترح كلاً من العالمان[26] Russell Eberhart& James Kenndy الخوارزمية Particle “ “ Swarm Optimization _ PSOو التي تعتمد بشكل رئيسي على محاكاة أسراب الطيور. الخوارزميتان السابقتان ACO , PSO كانتا بداية لفرع جديد من فروع الذكاء الصنعي هو ذكاء الأسرابSwarm Intelligence _ SI . حديثاً اتجه العلماء إلى الحشرات لاستخدامها أفكار حدسية. مظاهر عديدة من الفعاليات الجماعية لمجتمع الحشرات مثل النمل تكون ذاتية التنظيم،بمعنى السلوك الجماعي المعقد ينبثق من التفاعل بين الأفراد، حيث سلوك كل واحد منهم منفرداً يمثل سلوكاً بسيطاً. نتائج التنظيم الذاتي يكون شامل في الطبيعة لكن يأتي من التفاعل الذي يكون مبني بشكل كامل على معلومات محلية. التنظيم الذاتي يعتمد على مكونات عديدة:

التغذية الراجعة الموجبة، التغذية الراجعة السالبة، والتفاعلات المتعددة. التغذية الراجعة السالبة تكون مشروطة بقيود على السلوك الذي يتم نتيجة أحداث مثل نضوب مورد الطعام. التغذية الراجعة الموجبة تقوم على قواعد سلوكية أساسية مثل تجنيد الحشرات الأخرى للبحث عن مصدر للطعام التي تخلق البنى الضرورية للسلوك الجماعي. التفاعلات المتعددة تشير إلى ضرورة الأحداث العشوائية، مثل أن يتوه النمل ولكن يجد مصدر جديد للطعام.

1-5-2-1 إستراتيجية البحث:

على الرغم أن قدرة نملة واحدة محدودة جداً ، يستطيع النمل بشكل جماعي أن يؤسس(يقيم) أقصر المسالك بين مسكن النمل ومصدر الطعام ، وينقل الطعام إلى المسكن بشكل فعال. يتواصل النمل مع بعضه البعض باستخدام (حمض النمل)، وهي مادة كيميائية تجذب النمل. بينما يتنقل النمل يضع أثر من هذا الحمض على طريقه بحيث يستطيع النمل الآخر أن يتبعه. يتنقل النمل بشكل عشوائي ولكن عندما يجد في طريقه أثر هذا الحمض يقرر فيما إذا كان سيتبع هذا الأثر أملا، إذا سلك الطريق المتوضع عليه الحمض فإنه بدوره يضع حمضه الخاص به أيضاً حيث يدعمون بذلك الطريق الذي يسيرون فيه. إن احتمال اختيار النمل لطريق ما يزداد بازدياد كمية حمض النمل، وبالتالي يصبح الطريق الموجود عليه الكمية الأكثر من الحمض هو الطريق الأكثر جاذبية (سلوكاً) لمجموعات النمل الأخرى. إذا قدم لمستعمرة النمل طريقين لمصدر الطعام أحدها طويل والآخر قصير فإنها تسلك الطريقين في بادئ الأمر بعدد متساوي من النمل،واضعة الحمض في طريقها. لكن النمل الذي يسلك الطريق الأقصر سيعود إلى المسكن أولاً . الطريق الأقصر سوف يُعلم مرتين بالحمض وسيكون أكثر جاذبية للنمل الذي يعود إلى مصدر الطعام. بشكل عام يوزع النمل بشكل متساو ولكن عملياً يفضلون الطريق الأقصر. لذلك ليس بالضرورة أن يختار النمل طريقاً معلما سابقاً ، وهذا يسمح بالعشوائية والاستكشاف والتي تكون الفائدة منها السماح باستكشاف الطرق الأقصر أو البديلة أو اكتشاف مصادر جديدة للطعام. المثال التالي [28]، يوضح الإستراتيجية التي تتبعها النمل في عملية البحث كما هو موضح بالشكل (1-3).

بالنظر إلى الشكل(1-3)، نلاحظ أنه يوجد طريق مباشر تسلكه النملات (مثلا من مصدر الطعام A إلى مسكن النمل E) . فجأة يظهر عائق و يقطع الطريق،لذلك في الموقع B النملات تسير من A إلى E (أو الموقع D تسير النملات باتجاه المعاكس)، يجب أن تقرر النملة ستذهب يميناً أم يساراً. حيث يتأثر الاختيار بكمية الحمض المترسبة من النملات ، لكن مستوى الحمض في الجهة اليمنى أعلى وهذا يعطي دافع أقوى بالتالي الاحتمال الأكبر هو اتجاه اليمين .

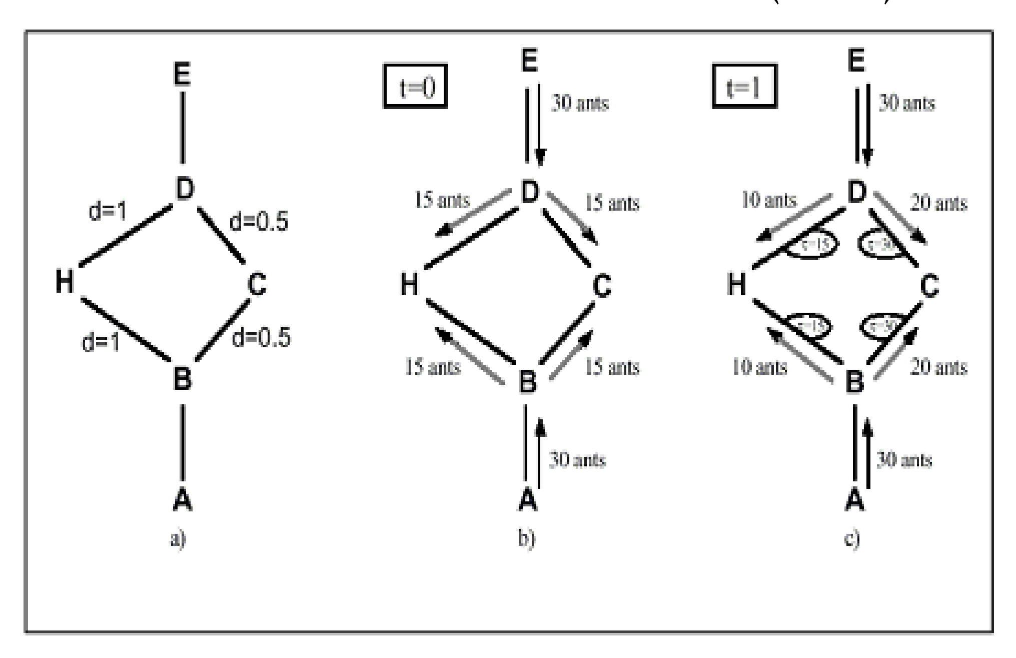


الشكل(1-3): مثال على سلوك النمل الحقيقي .

تصل أول نملة في البداية إلى النقطة B (أو D) تملك نفس الاحتمال للتحرك يميناً أو يساراً (حيث لا يوجد حمض في كلا الطريقين) وكون الطريق BCD أقصر من الطريق HDB، فإن أول نملة سوف تتبع الطريق الأول سوف تصل D قبل النملة الأولى التي ستتبع الطريق BHD. كمية حمض النمل المترسبة ستكون أكبر على الطريق الأقصر كما أنه سيكتمل قبل الطريق الأطول . والنتيجة أن النملة العائدة من E إلى D سوف تجد كمية حمض نمل أكبر في الطريقDCB ، حيث أن كمية الحمض مترسبة بسبب أن نصف عدد النملات الكلي في بادئ الأمر تقرر بالصدفة أن تجتاز العائق عبر الطريق DCBA بالإضافة إلى النملات التي وصلت فعلياً عبر الطريق BCD والتي تفضل الطريق DCB على الطريق DHB، بالتالي عدد النملات التي تتبع الطريق BCD خلال كل وحدة زمنية سوف تكون أعلى من عدد النملات التي تتبع الطريق BHD ، هذا يؤدي إلى أن كمية الحمض في الطريق الأقصر يزداد بشكل أسرع من الطريق الأطول. وبالتالي احتمال أن تختار أي نملة من النملات الطريق الأقصر سيكون هو الاحتمال الأكبر، والنتيجة النهائية أن كل النملات وبشكل سريع جداً سوف تختار الطريق الأقصرD.

في مايلي سنصف كيف يحاكي نظام النمل سلوك النمل الحقيقي وذلك في حل مسائل التحسين التركيبية وذلك باستخدام النمل الصناعي بالاستعانة بالشكل (1-4). المسافات بين D و H ، و بين B و H ، و بين B و D تساوي 1 . C تتوضع في منتصف المسافة بين D و B. 30 نملة جديدة تأتي من B إلى A و 30 نملة من D إلى E في كل وحدة زمنية . كل نملة تسير بسرعة 1 وحدة سرعة و

تلقي الحمض بكثافة 1 خلال زمن قدره t. يحدث التبخر في منصف الفترة الزمنية المحصورة بين الزمنين المتعاقبين (t+1,t+2).



الشكل(1-4): مثال على سلوك النمل الصناعي.

في البداية عند t=0،30 نملة تكون في B و30 نملة تكون في D ، ونتيجة لعدم وجود حمض النمل في هذه اللحظة فإن النملات سوف تختار الطريق الذي ستسلكه بشكل عشوائي و هكذا تقريبا 15 نملة من كل عقدة سوف تذهب باتجاه H و 15 باتجاه C .

عند اللحظة t=1، 30 نملة جديدة تأتي إلى B من A ، والتي سوف تستشعر كثافة الحمض المترسب بواسطة الــ 15 نملة التي سلكت هذا الطريق (D – H–B) للوصول إلى H ، وأيضا تستشعر أن كثافة الحمض هي30 على الطريق إلى C، والذي حصل عليه من مجموع الحمض التي المترسب من قبل الــ 15 نملة التي سلكت الطريق B C D و الــ 15 نملة التي سلكت الطريق D C B . لذلك احتمال اختيار الطريق سوف ينحاز . العدد المتوقع للنملات التي تتجه نحو C سوف يكون ضعف تلك المتجه نحو H، أي 20 على الطريق المتجه نحو C مقابل 10 على الطريق المتجه نحو H، نفس الأمر بالنسبة لــ 30 نملة في D التي تأتي من E . تستمر هذه العملية حتى تختار كل النملات أخيراً أقصر طريق .

1-5-2-2استخدام خوارزمية النمل في حل بعض المسائل التطبيقية:

خوارزمية النمل المحسنة (Ant Colony Optimization) طريقة بحث حدسية عامة تستخدم النمل الاصطناعي وذلك لإيجاد حلول جديدة لمسائل الأمثلة التركيبية المعقدة (combinatorial optimization) إن سلوك النمل الصناعي يعتمد على آثار النمل الحقيقي مع قدرات إضافية لجعلها أكثر فعالية مثل ذاكرة لحفظ الأحداث الماضية. كل فرد يبني حلولاً للمشكلة المطروحة، ويستخدم معلومات مجمعة عن ميزات المشكلة وأدائه الخاص لتغيير نظرة النمل إلى المشكلة.

إن خوارزمية ACO تشير إلى أي حالة من مرحلة ما بعد التجريبية (huristicmeta-) . Maniezzo ,Dorigo ,Colorni استخدموا هذه الطريقة في مشكلة البائع الكلاسيكية، في هذه المشكلة يجب على الشخص أن يتنقل بين مجموعة من المدن بحيث يزور كل مدينة مرة واحدة فقط. مستعمرة النمل التي أنشأت تتنقل عشوائياً في حلقات تضم كل المدن. خلال الخطوة الأولى يفضل الانتقال إلى أقرب المدن .بعد إتمام الدورة الأولى يوضع حمض النمل على كامل الطريق، إن كمية الحمض الذي يوضع على الطريق تتناسب عكساً مع طول الطريق، كلما كان الطريق أقصر كلما كانت كمية الحمض أكثر.

تبدأ مستعمرة النمل رحلتها من جديد لكن هذه المرة تفضل المستعمرة الطرق التي تكون تركيز الحمض فيها عالية بالإضافة إلى أنها تفضل الطرق الأقصر .يتبخر حمض النمل بمعدل ثابت والطرق التي لا تمر فيها المستعمرة تصبح غير مفضلة. يسافر النمل الذكي على طول الطرق من المستودع إلى المدن وبالعكس وبتأثير مستويات الحمض ستحدد أي طريق ستختار ، إن مستويات الحمض على الطرق تحدث اعتماداً على نوعية الحلول التي وجدها النمل .

الفصل الثانـي

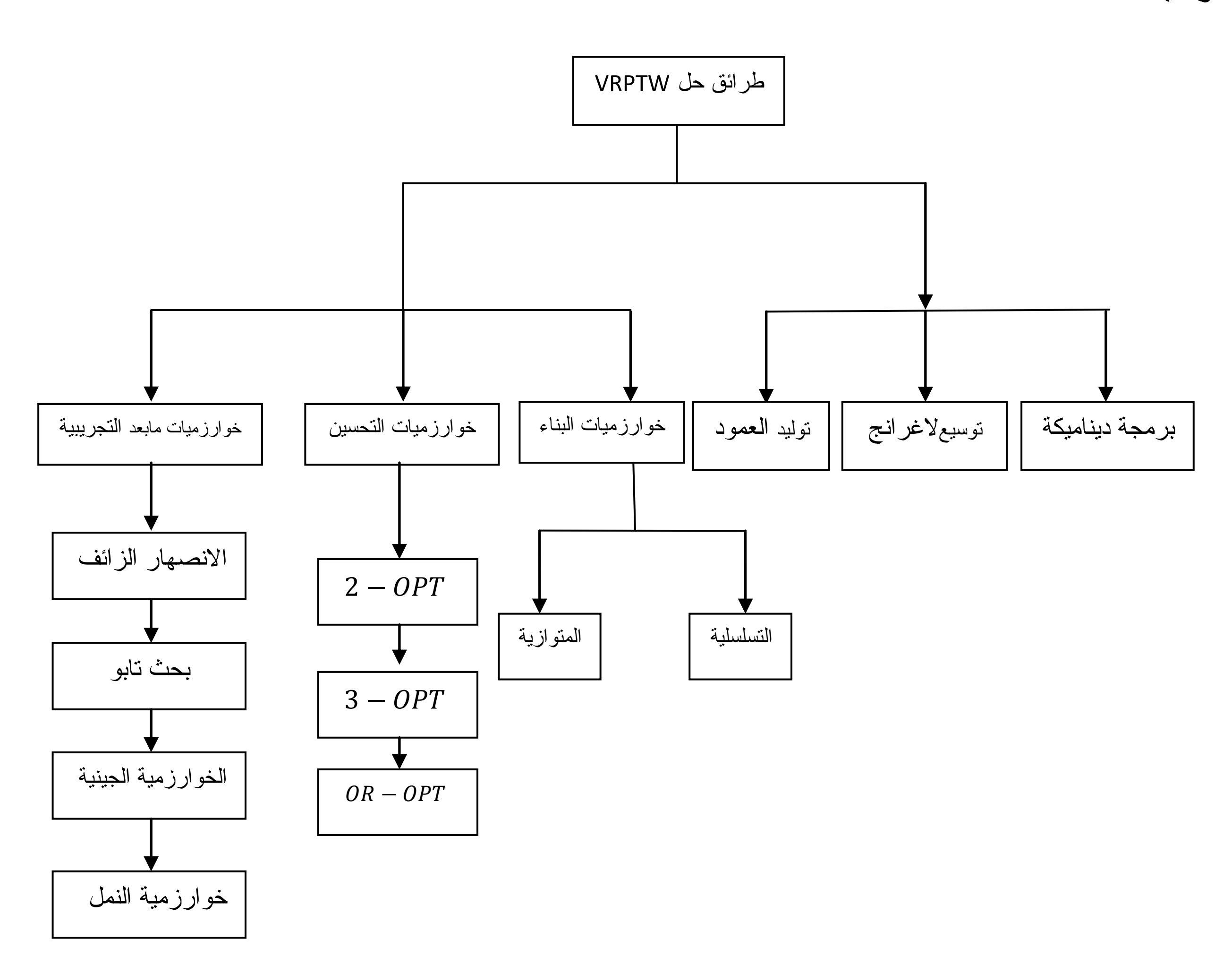
الطرائق المعروفة لحل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية

1-2 مقدمة

في السنوات الأخيرة حازت مسألة توجيه العربات على كثير من الاهتمام لدورها الكبير في حل كثير من المشاكل ولتنوع التطبيقات التي تستخدم فيها وخاصة بعد أن حقق تطبيقها تحسن واضح وتوفير كبير. لذلك توجه الكثير من الباحثين لدراسة هذه المسألة وتقديم طرائق وحلول لها مستفيدين من تطور قدرات الحواسيب وكذلك التطور الكبير في علوم الخوارزميات والبرمجيات. في هذا الفصل سنقوم بعرض معظم الأعمال والدراسات السابقة التي تناولت مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية وكذلك الطرائق المستخدمة لحل هذه المسألة.

2-2 الطرائق المعروفة لحل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية:

ظهرت العديد من الطرائق التي تهدف لحل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية و الشكل(2−1) يوضح تصنيف لمعظم الطرائق المستخدمة لحل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية.



الشكل (2−1)الطرائق المستخدمة لحل مسألة توجيه العربات ذا ت القيود الزمنية

2-2-1 الخوارزميات الدقيقة

يُستخدم هذا النوع من الطرائق في الحالات التي يكون فيها عدد الزبائن قليل لا يتجاوز 100 زبون، ويهدف إلى إيجاد حل دقيق للمسألة. قُدمت أول خوارزمية دقيقة لحل VRPTW من قبل Kolen عام(1987)[27]. و منذ ذلك الوقت، نشرت العديد من المقالات التي قدمت خوارزميات دقيقة من أجل حل مسألة توجيه العربات، كما أن العديد من الباحثين عملوا على تطوير الخوارزميات الدقيقة لاستخدامها كطرائق لحل هذه المسألة وذلك لعدة أسباب، أهمها:

أولاً:الخوارزميات الدقيقة تنقص وبشكل سريع التكاليف الحسابية (التعقيد).

ثانياً:التطور الكبير الذي حصل في طرائق وأساليب النماذج المستخدمة لمشاكل أخرى مثل مسألة البائع المتجول والتي يمكن الاستفادة منها وتطبيقها على مسألة توجيه العربات.

من الجدير بالذكر أن الحل الذي تولده الخوارزميات الدقيقة يسمى الحل الأمثل العام لأنها تضمن أن هذا الحل هو الأفضل من بين كل الحلول الممكنة لهذه المسألة.

نذكر من هذه الخوارزميات على سبيل المثال البرمجة الديناميكية، توسيع لاغرانج، وتوليد العمود.

2-2-1-1 البرمجة الحركية (الديناميكية)

قدم Kolen وآخرون عام (1987) [27] أول مقالة للبرمجة الديناميكية لــ VRPTW ، في هذه المقالة استخدم طريقة الفرع والحد (bound-and-branch) من اجل استرجاع الحل المثالي. في هذه الخوارزمية bound-and-branch يوجد ثلاثة رؤوس، حيث كل رأس يوافق ثلاث مجموعات هي: مجموعة الطرق الثابتة والممكنة والتي تبدأ وتنتهي بمحطة الانطلاق ،الطريق المبني جزئياً والذي يبدأ من محطة الانطلاق ، ومجموعة الزبائن التي لا يسمح لهم بأن يكونوا مرحلة (خطوة) تالية في الطريق المبني جزئياً و الذي يبدأ من محطة الانطلاق . التفرع يتم باختيار زبون غير ممنوع من المشاركة ببناء طريق والذي لم يظهر في أي طريق . عند كل رأس (عقدة) تستخدم طريقة الحد والفرع (bound-and-branch) لحساب الحد الأدنى (الأصغر) من بين كل الحلول الممكنة .

2-2-1-2 توسيع لاغرانج (Lagrangean Relaxation):

هناك العديد من الدراسات التي تستخدم توسيع لاغرانج (Lagrangean Relaxation) لحل VRPTW. استخدم Jörnsten و آخرون عام (1986)[28]، وHalse عام (1992)[29] و Madsen عام (1988)[30] التقسيم المتغير المتبوع بتوسيع لاغرانج. قدمJörnsten و آخرون عام (1986) التقسيم المتغير لأول مرة لكن بدون حساب النتائج .ثم Madsenعام (1988)قدم أيضا أربع طرق تحليلية مختلفة بدون حساب النتائج لأحدى الطرق. ثم Halse عام (1992) قدم ثلاث طرق و حسب النتائج لأحدى الطرائق .

Fisher وآخرون عام (1997) [31]استخدم طريقة tree-K المتبوعة بتوسيع لاغرانج،حيث أنهم صاغوا VRPTW لإيجاد tree-K مع الدرجة 2K لمحطة الانطلاق،الدرجة 2 للزبون وخاضعة لشرط السعة و الشرط الزمني، إعادة الصياغة هذه أصبحت مكافئة لــ K طريق.

أخيراً Kohl و آخرون عام (1997)[32] خفف القيود التي تضمن أن كل زبون يزار مرة واحدة و أضاف حد العقوبة لتابع الهدف. النموذج تم تحليله إلى مسألة فرعية واحدة لكل عربة. المسألة الناتجة هي مسألة الطريق الأقصر مع شرط زمني و شرط السعة .

3-1-2-2 توليد العمود (Column Generation):

تستخدم طريقة توليد العمود عندما يحتوي البرنامج الخطي على متغيرات كثيرة وذلك بهدف حل التعقيد. البرنامج الخطي يبدأ بشكل أولي بمجموعة صغيرة من المتغيرات و بقية المتغيرات تُعطى قيمة الصفر.

ثم يحسب الحل للبرنامج الخطي المصغر. و بعدئذ، يفحص إذا كان إضافة متغير أو أكثر من المتغيرات غير الموجودة في البرنامج الخطي سوف يحسن حل البرنامج الخطي .

استخدم Desrochers وآخرون عام (1992) [33] طريقة توليد العمود لحل VRPTW لأول مرة ، حيث أضافوا الأعمدة المناسبة وبحسب الحاجة لحل مشكلة إيجاد الطريق الأقصر مع وجود الشرط الزمني وشرط السعة وذلك باستخدام البرمجة الخطية .

2-2-2 الخوارزميات التقريبية (Approximate Algorithms):

يطلق على هذا النوع من الطرائق في بعض المراجع اسم الخوارزميات التجريبية (Heuristic Algorithms) حيث يقصد هنا بكلمة Heuristic الإيجاد أو الاكتشاف عن طريق التجريب والتي تعرف على أنها تقنية تعمل على إيجاد حلول جيدة أي قريبة من الحلول المثالية وبكلفة حسابية مقبولة من دون أن تكون قادة على أن تضمن أن الحل المكتشف مناسب أو مثالي، حتى في بعض الحالات لا يمكنها التكهن بمدى اقتراب الحل المكتشف من حل مثالي مقبول[34].

توليد الحل التالي في خوارزميات البحث المحلي التجريبية يتم باختيار واحد من الحلول الممكنة في الجوار $N(x,\sigma)$للحل الحالي x. حيث أن الجوار $N(x,\sigma)$للحل x هي مجموعة الحلول التي يمكن أن تصل إلى الحل x بعملية بسيطة σ. بعض هذه العمليات يمكن أن يكون حذف عنصر من الحل أو إضافة عنصر إلى الحل أو التبديل بين عنصرين في الحل. يقصد بالعنصر هنا إما أن يكون زبون أو طريق (وصلة) يصل بين زبونين.لا يعتبر الحل الذي تنتجه الخوارزميات التقريبية هو الحل الأفضل لأنه يتم البحث عنه ضمن مجموعة جزئية من الحلول الممكنة للمسألة، لذلك يطلق على

هذا الحل تسمية الحل الأمثل المحلي. تستخدم الخوارزميات التقريبية في الحالات التي يكون فيها عدد الزبائن كبير.

صنفت هذه الخوارزميات في ثلاث مجموعات :خوارزميات البناء، خوارزميات التحسين، و خوارزميات ما بعد تجريبية.

قدم Laporte و Semet عام(2002)[35] تصنيفاً مختلفاً لهذا النوع من الطرائق المستخدمة في حل مسائل توجيه العربات حيث بدلاً من خوارزميات البناء اقترحوا تسميتها الخوارزميات ذات المرحلتين (phaseheuristics-two).

2-2-2-1 خوارزميات البناء(Construction Algorithms):

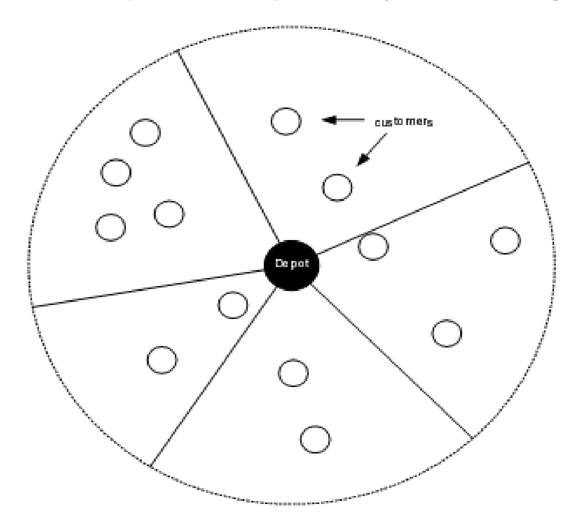
استخدمت لبناء الحل الأولي الممكن للمسألة ، حيث يتم بناء الحل الممكن بالإدخال المتكرر للزبائن غير الموجهين (غير المشتركين بطرق حتى الآن) للرحلات الجزئية الحالية وفقاً لمعايير محددة، مثل المسافة الإضافية الصغرى أو التوفير الأعظمي ، إلى أن يتم استهلاك موارد الطريق القليلة [36].

صنفت هذه الخوارزميات إلى نوعين خوارزميات تسلسلية و خوارزميات متوازية

في الخوارزميات التسلسلية الطرق تبنى واحد تلو الأخر أي طريق واحد فقط يبني بنفس اللحظة ، بينما في الخوارزميات المتوازية عدة طرق تبنى مع بعضها البعض بنفس الوقت .

2-2-2-1-1خوارزميات البناء التسلسلية(Sequential Construction Algorithms):

تعتمد خوارزميات البناء التسلسلية على طريقة الكنس (المسح أو السبر) التجريبية (*Sweep Heuristic*)، Gillet و Millerعام(1974) [37], و طريقة التوفير التجريبية (*Savings Heuristic*) استخدمها Clarke وWright عام (1964) [38].في *Sweep Heuristic* يتم بناء الطرق كزاوية (قطاع) تمسح (تسبر) مواقع العقد في فضاء ثنائي البعد .



الشكل 2-2 : خوارزمية السبر (الكنس)، الزبائن في كل قطاع من الدائرة يتم تخديمهم بعربة واحدة

بينما في *SavingsHeuristic* الطرق البدائية يتم بناؤها وفقا لكميات محددة مسبقاً و بعد ذلك يتم إضافة عقد جديدة إلى العقد متاحة لكي نحصل على أعظم توفير .

Baker and Schaffer (1986)[39] قدما أول خوارزمية بناء متسلسلة هذه الخوارزمية تعتمد على *Savings Heuristic* .و تبدأ بكل الطرق ذات الزبون الواحد الممكن في صيغة محطة الانطلاق- زبون- محطة الانطلاق (depot – i – depot). وبعد ذلك الطريقين ذوي التوفير الأعظمي يتم دمجهما في كل تكرار .

التوفير بين زبونين يحسب كما يلي :

$$s_{ij} = d_{i0} + d_{0j} - Gd_{ij}$$

حيث أن G هو عامل بناء الطرق (أي كم هو احتمال و إمكانية بناء هذا الطريق)، و d_{ij} هي المسافة بين العقدتين i و j .

Solomon عام (1987)[40] قدم طريقة الجار الأقرب زمنية التوجيه التجريبية (Time Oriented Nearest Neighborhood Heuristic). وفيها كل طريق بشكل أولي يضم الزبون الأقرب إلى محطة الانطلاق، عند كل تكرار يتم إضافة زبون لم يحدد طريقه بعد،إلى نهاية الطريق، و عندما لا يوجد زبون مناسب يتم تهيئة طريق جديد.

Solomon عام (1987) أيضاً قدم طريقة الكنس زمنية التوجيه (Time- Oriented Sweep Heuristic).أولاً، يتم إسناد الزبائن لقطاعات مختلفة و بعد ذلك يتم حل مسألة TSPTW باستخدام الطريقة المقدمة من قبل Savelsbergh عام (1985)[41].

2-2-2-1-2 خوارزميات البناء المتوازية(Parallel Construction Algorithms):

قدم Solomon عام (1987) طريق الرحلة العملاقة التجريبية (Giant-Tour Heuristic) وفي هذه الطريقة، بداية يتم بناء الطريق العملاق كرحلة البائع المتجول بدون اعتبار للسعة و للشروط الزمنية و بعد ذلك يتم تقسيم الطريق العملاق إلى عدد من الطرق. Potvin and Rousseau عام (1993)[42] قدما طريقة متوازية لطريقة إدخال تجريبية (Insertion Heuristics) و فيها كل طريق يتم تهيئته باختيار الزبون الأبعد عن محطة الانطلاق كزبون مركزي ، وبعد ذلك يتم حساب أفضل مكان إدخال مناسب لكل زبون لم يتم المرور عليه .الزبائن ذوي الفرق الأكبر بين أول أفضل مكان حشر و ثاني أفضل مكان حشر يتم إدخالهم إلى أفضل مكان (موقع) إدخال مناسب .

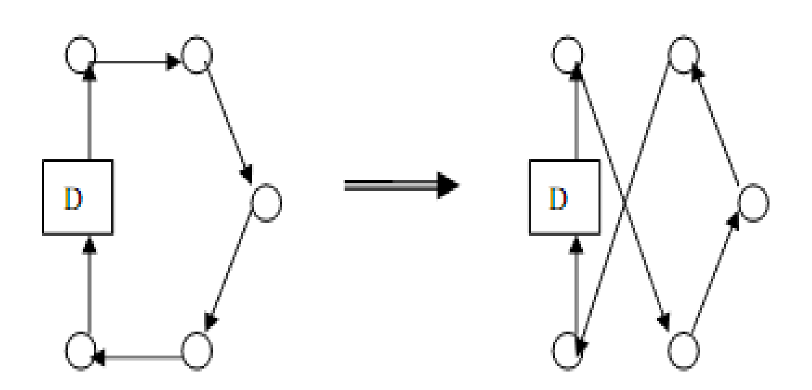
2-2-2-2 خوارزميات التحسين(Improvement Algorithms)

هي خوارزميات لإيجاد حل مُحسّن(طريق أفضل) انطلاقاً من طريق بدائي من خلال الطرق التي تم بنائها. أغلب خوارزميات التحسين المقدمة لمسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية تستخدم

استبدال الجوار للحصول على حل أفضل، حيث أن استبدال الجوار يتم إما من نفس الطريق أو من طريق آخر Thangian وPetrovic عام (1998) [43].

2-2-2-2-1 خوارزمية $(2-opt)$:

وهي طريقة بحث محلي بسيطة، قدمت هذه الطريقة من قبل Croes عام (1958) [44] من أجل طرق العربة الواحدة ، وفيها مجموعة من الوصلات على طريق (يحتوي على تقاطع مع نفسه) يتم استبدالها بمجموعة أخرى مكونة من وصلتين على نفس الطريق بهدف إزالة هذا التقاطع .



2-2-2-2-2 خوارزمية $(3-opt)$:

وهي طريقة بحث محلي بسيطة يتم فيها حذف 3 وصلات من الطريق ، ومن ثم يتم محاولة وصل هذا الطريق بكافة الاحتمالات الممكنة وتقيم كل واحد من هذه الاحتمالات لإيجاد أفضل هذه الاحتمالات. ويتم تكرار هذه العملية من أجل مجموعات أخرى مكونة من 3 وصلات (زبائن)[45].

2-2-2-2-3 خوارزمية $(or-opt)$:

قدمت هذه الطريقة من قبل Or عام (1976)[46] لحل مسألة البائع المتجول وفيها يتم حذف سلسلة تتألف على الأغلب من ثلاثة وصلات (ثلاث زبائن متعاقبين) من الطريق ومحاولة إدخال هذه السلسلة في كل المواقع الممكنة في الطرق الأخرى.

2-2-2-3 الخوارزميات ما بعد التجريبية (Metaheuristics):

جاء مصطلح (Metaheuristics) من دمج كلمتين إغريقيتين هما (heuristics) والتي تعني كما أشرنا سابقاً الإيجاد أو البحث أو الاكتشاف عن طريق التجريب، ومن كلمة (Meta) والتي تعني ما وراء أو على مستوى أعلى. مصطلح (Metaheuristics) قدمه لأول مرة Glover[47]، وقد استخدم هذا المصطلح بمعاني كثيرة.

ولكن في السنوات الأخيرة قدم بعض الباحثين تعريف عام لهذا المصطلح[49,48]:

ما بعد التجريبية (Metaheuristics) عبارة عن مجموعة من المفاهيم والتي يمكن أن تستخدم لتعريف طرائق تجريبية والتي يمكن تطبيقها على مجموعة واسعة من المسائل المختلفة. بمعنى آخر، مصطلح Metaheuristics يمكن أن ينظر إليه على أنه إطار عمل حسابي عام والذي يمكن تطبيقه على مسائل تحسين مختلفة مع بعض التعديلات النسبية لجعلها ملائمة لمسألة معينة.

BlumوRoli[50] قدما مجموعة من ميزات الخوارزميات ما بعد التجريبية (Metaheuristics):

- هي استراتيجيات توجه عملية البحث، هدفها استكشاف مجال البحث بفعالية لإيجاد حلول قريبة من الحل الأمثل.
- يمكن أن تدمج عدة تقنيات لتجنب الوقوع في مصيدة المناطق المحصورة لمجال البحث.
- يمكن وصف المبادئ الأساسية على مستوى عام أي دون أن تكون مرتبطة لمسألة محددة بذاتها.
- تستخدم غالباً الخبرة المكتسبة من عمليات البحث السابقة (المخزنة في ذاكرتها) لتوجيه عمليات البحث الجديدة.

الخوارزميات ما بعد التجريبية يمكن أن تجعل استخدام معرفة لمجال محدد في صيغة طرائق تجريبية (heuristics) والتي يتم تنظيمها بواسطة إستراتيجية من مستوى أعلى.

تستخدم الطرائق ما بعد التجريبية من أجل تكبير مجال البحث، وكأمثلة على هذا النوع من الخوارزميات:الانصهار الزائف(simulated annealing) ، بحث تابو(tabu search)، الخوارزمية الجينية أو الوراثية(genetic algorithm)، خوارزمية مستعمرة النمل(ant colony algorithm) والتي استخدمت لحل مشكلة VRPTW(Bräysy and Gendreau, 2001)[51].

2-2-2-3-1 الانصهار الزائف (simulated annealing)(SA):

الانصهار الزائف هي تقنية تبسيط عشوائية (relaxation technique) و هي تعتمد على عملية تلدين (تسخين ،مقوية) الأجسام الصلبة حيث أن الجسم الصلب تسخن إلى درجة حرارة عالية و يتم تبريده تدريجياً لكي يتبلور فخلال عملية البحث بواسطة SA ، تنخفض درجة الحرارة تدريجياً ، عند كل مرحلة من المراحل العملية ، يتم الوصول إلى حالة جديدة .

فإذا كانت طاقة الحالة الجديدة أقل من الحالة الحالية فإن الحل الجديد يتم قبوله لكن إذا كانت طاقة الحالة الجديدة أعلى فإنها تقبل بنسبة معينة (باحتمال معين)هذا الاحتمال يتم تحديده عن طريق درجة الحرارة .

و تستمر العملية حتى يتم الوصول إلى شرط التوقف.

إما Thangiah وآخرون عام (1994)[52] استخدموا طريقة $\lambda - \text{interchange}$ حيث$\lambda =$ 2لتعريف الجوار و إنقاص درجة الحرارة بعد كل عملية تكرار و في حال تم استعراض كامل الجوار بدون إيجاد أو قبول تحركات فإنه يتم زيادة درجة الحرارة .

قدم Li وLim عام (2003) [53] خوارزمية لإيجاد الحل الأولي باستخدام طريقة إدخال سولمان التجريبية (Solomon's insertion heuristic) و بعد ذلك يبدأ البحث المحلي من الحل الأولي باستخدام طريقة الانصهار الزائف المتضمنة tabu (embedded simulated –tabu annealing approach) .

2-2-2-3-2 بحث تابو Tabu Search(TS):

قدمت طريقة Tabu Search(TS) من قبل Glover عام (1986)[54] و هي طريقة بحث عينية تجريبية تعتمد على ذاكرة(localsearchheuristic) .في TS يتم البحث ضمن مجال (فضاء) البحث و ذلك بالانتقال من الحل (s) إلى أفضل حل في جوار(N(s عند كل تكرار . لكي نتخلص من طريقة إيجاد حل أمثل محلي ، لا يتم إنهاء الإجرائية عند الحل الأمثل الأول و الحل ربما يصبح سيء في التكرار التالي .

الحل الأفضل في الجوار يتم اختياره كحل جديد حتى إذا كان الأقصر . الحلول التي لها نفس الخاصيات مع الحلول السابقة توضع في لائحة (قائمة) تابو(tabu list) و يمنع التحرك إلى هذه الحلول .هذا عادة يمنع التحرك إلى الحلول التي يتم الحصول عليها في آخر t تكرار. يمكن أن يوقف البحث بعد عدد ثابت من التكرارات دون تحقيق تحسن بالحل الأفضل أو يمكن أن ينهي بعد عدد ثابت من التكرارات .

طبقت هذه الطريقة لحل VRPTW لأول مرة من قبلGarciaو آخرون عام (1994)[55]. حيث ولّد حل أولي باستخدام طريقة إدخال سولمان التجريبية (Solomon's insertion heuristic) و البحث ضمن الجوار باستخدام 2– opt وOr – opt. Garcia عام (1994) طبق المعالجة المتوازية على TS باستخدام استراتيجيات التقسيم . المعالج الأول يستخدم للتحكم ب TS (تنظمها) بينما المعالج الأخر يستخدم للبحث ضمن الجوار.

قدم Potvin و آخرون عام (1995)[56] طريقة مشابهة لطريقة Garcia عام (1994) المعتمدة على طريقة البحث المحلي لــ ([57] Potvin and Rousseau 1995).

و في عام (2002) قدم Lau و آخرون [58] مبدأ للائحة التخزين (holding list) والتي تحتوي الزبائن الذين لم يخدموا حتى الآن. كل الزبائن يتم وصفهم في اللائحة في البداية . وبعدئذ معاملات التبديل (النقل ،الترحيل) يتم استخدامها لنقل الزبائن نحو الأمام أو الخلف في اللائحة (holding list).

3.3.2.2.2 الخوارزميات الجينية (Genetic Algorithms):

طبقThangiah و آخرون عام [59] (1991) GA لــ VRPTW لأول مرة ، حيث قدم GA لإيجاد مجموعات جيدة من الزبائن. التوجيه خلال كل مجموعة يبنى بتطبيق الإدخال التجريبي و يطبق λ-interchange.

- حاول Thangiah و آخرون عام [60] (1995)خلق المجتمع البدائي بتجميع الزبائن عشوائيا إلى مجموعات ويطبق الإدخال السهل لكل مجموعة. ثم تستخدم تصالب 2-point.
- خوارزمية الجينية ل Potvin و Bengio عام (1996)[61]تصاغ كصبغيات للحلول الممكنة. تختار عشوائيا الأزواج و تطبق نوعان من التصالب على هذه الأزواج.إعادة الإنتاج للتوجيهات تحتوي بواسطة عمليات التغير ، التوجيهات تحسن باستخدام $Or - Opt$ في كل k تكرار.
- قدم Tan وآخرون عام (2001) [62] طريقة GA في عمليات جينية تطبق مباشرة على الحلول. إعادة الإنتاج تصاغ كخطوط صحيحة،الاختلاف في الخوارزمية تتوضع في تصميم خدمة الزبائن بواسطة التوجيهات المختلفة و التصالب. المجموعة الأساسية تصمم بواسطة تطبيق إدخال سولمان $\lambda - \text{interchange}$ تستخدم لخلق مجموعات بديلة. التصالب يتضمن اختيار عشوائي لنقطتي قص (two cut points) وانجاز سلسلة من عمليات التبادل.

4-3-2-2-2 خوارزمية النمل:

- قدم Gambardella و آخرون عام(1999) [63] نظام مستعمرات النمل المتعددة لحل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية(VRPTW-MACS: Multiple Ant Colony System for Vehicle Routing Problem with Time Windows) وفيه يتم استخدام مستعمرتي نمل على التوازي لحل المسألة بهدف تقليل عدد العربات وتصغير المسافة المقطوعة. المستعمرة الأولى VEI-ACSتنقص عدد العربات المستخدمة بينما المستعمرة الثانية ACS-TIME تحسن زمن الرحلة للحل الممكن المكتشف من قبل المستعمرة VEI-ACS[64].
- قُدمت طريقة جديدة تعتمد على نظام النمل (AS: Ant system) من قبل Ellabib و آخرون عام (2003) [65]لحلVRPTW. الفكرة الأساسية لهذه الطريقة هي جعل خوارزمية مستعمرة النمل تنجز بحثها في مجال الحد الأدنى المحلي بدلاً من البحث في مجال كل الرحلات الممكنة ، وبالتالي مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية في هذه الحالة تتحول لتصبح مسألة البائع المتجول كما قدمها Gamberdella و آخرون عام (1999). تبدأ هذه الطريقة بتطبيق طريقة بناء الرحلة التجريبية لبناء الحل أولي جيد ومن ثم تترك ACS تعمل في مجال بحث محلي أمثل

لتوجيه البحث باتجاه البحث العام الأمثل. إجرائية بناء النملة مشابه لإجرائية البناء ACS المصممة من أجل TSP من قبل Dorigo و عام Gamberdellaعام (1997)[66].

- استخدمXuan Tanو آخرون عام (2005)[67] خوارزمية مستعمرة النمل لحل مسألة VRPTW ، حيث أنه في طريقتهم المقترحة يتم استخدام مستعمرتي نمل ذات أهداف محددة كما أنهم استخدموا طريقة الإدخال التسلسلي التجريبية(sequential insertion heuristic) لتحسين أداء طريقتهم كما أنهم استخدموا طريقة الجار الأقرب التجريبية لتوليد الحل الأولي وبالتالي فإن النملات يمكنها أن تبدأ من نقطة بداية مفضلة لها.

5-3-2-2-2 طرائق الجار الأقرب (Nearest Neighbor):

تعتبر طريقة الجار الأقرب التجريبية (Nearest Neighbor heuristic) الطريقة الأشهر المستخدمة في عملية بناء الطريق وهي إحدى أهم خوارزميات البناء التسلسلية لبناء الرحلات والطرق والتي أصبحت تستخدم مؤخراً بشكل كبير لتحسين الحلول التي يتم الحصول عليها في حل الكثير من المسائل أهمها مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية.

قُدمت هذه الطريقة من قبل flood عام1956 [68] وتم تطبيقها من قبل سولمان على مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية عام 1987 [40] ومن أهم ميزات هذه الطريقة السهولة و البساطة إضافة إلى أن الزمن اللازم لبناء الطريق صغير.

في طريقة الجار الأقرب ، كل طريق يبدأ بإيجاد الزبون الأقرب جغرافيا وزمنيا والذي لم يتم المرور عليه مسبقاً (لم تتم زيارته من قبل أو تخديمه)، حيث أن اختيار الزبون الأقرب يتم اعتماداً على تابع تكلفة (Cost Function) معين .

يمكن وصف خوارزمية الجار الأقرب بالخطوات التالية:

1-البدء ببناء طريق جديد (start new route)

2- كرر (repeat)

3- إذا كان هذا الطريق هو طريق جديد عندئذ (if new route then)

4- ابدأ انطلاقاً من المحطة الرئيسية (start from the depot)

5- نهاية التكرار (end if)

6- اختر الزبون الذي يملك أفضل قيمة للكلفة وذلك من بين جميع الزبائن المتاحين والذين لم تتم زيارتهم من قبل. (select a customer who has the best cost {from unvisited and feasible customers })

7- أضف الزبون الذي تم اختياره إلى لائحة الزبائن المُخدمة (الذين تم المرور عليهم).(add the selected customer to the visited customer list)

8- إذا لم يكن هناك أي زبون متاح لاختيارهعندئذ

(if there is no feasible customer to be selected then)

9- ابدأ بطريق جديد (start new route)

10- نهاية الشرط (end if)

11- كرر الخطوات السابقة حتى يتم المرور على كل الزبائن.

(until all customers have been visited)

حيث أنه في البداية يتكون الطريق من محطة الانطلاق الرئيسية فقط ، عند كل تكرار يتم إضافة زبون جديد (لم يتم المرور عليه من قبل) إلى الطريق ، هذا الزبون المضاف هو الزبون الأقرب إلى الزبون الحالي.

عملية اختيار الزبون محددة لمجموعة الزبائن المتاحين والذين يمكن إضافتهم وذلك مع الأخذ بعين الاعتبار قيد السعة والقيد الزمني.

يتم البدء بإنشاء طريق جديد عندما لا يكون هناك أي زبون متاح ليتم المرور عليه وتخديمهم أو في حالة عدم وجود زبائن ليتم جدولتهم .

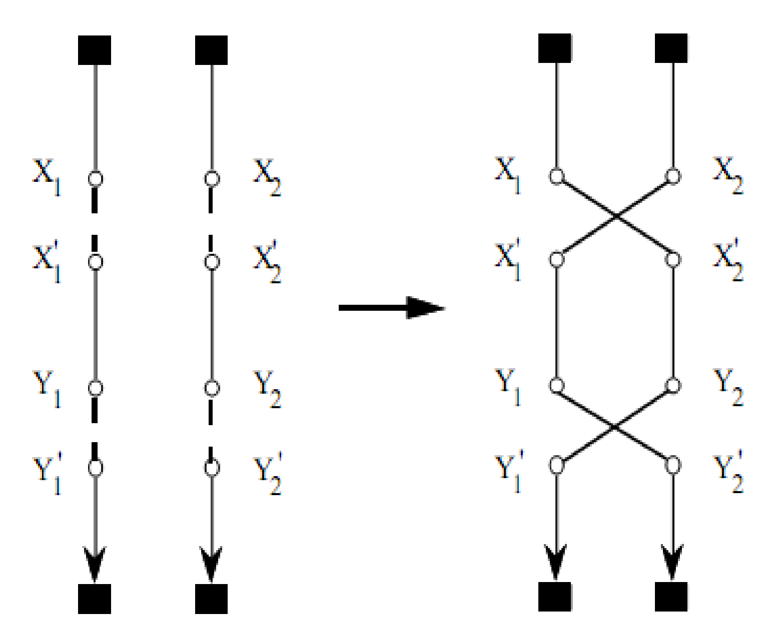
معيار القرب للزبائن الذين لم يتم المرور عليهم من قبل والمستخدم في هذه الطريقة يتضمن القرب المكاني والزماني .

قام بعض الباحثين بتطبيق بعض طرائق التحسين على طريقة الجار الأقرب بهدف الحصول على حلول أفضل وذلك لتوليد الجوار الأنسب للزبون الحالي ومن هذه الطرائق طريقة الاستبدال لجزء من الطريق وهذا الاستبدال يمكن أن يكون بين طريقين كما هو الحال في طريقة استبدال التقاطعات (CROSS Exchange) المذكور لاحقاً أو يمكن أن يكون هذا الاستبدال ضمن نفس الطريق (Intra Exchange) .

طريقة استبدال التقاطعات (CROSS Exchange) المذكور لاحقاً قدمت من قبل Eric Taillard عام 1997 [22]، في هذه الطريقة يتم حذف مسارين من طريقين مختلفين كل مسار من طريق وذلك بالنسبة للعربات المختلفة حيث أن المسار يمكن أن يتضمن عدد من الزبائن. الشكل (1) يوضح هذه الطريقة حيث أن المربع الأسود يمثل محطة الانطلاق الرئيسية بينما الدوائر تمثل الزبائن على طول الطريق .

أولاً ، الضلعين (x_1,x_1') و (y_1, y_1') يتم حذفهما من الطريق الأول بينما الضلعين (y_2,x_2') و (y_2, y_2') يتم حذفهما من الطريق الثاني. بعدئذ الجزئيين y_1-x_1' و y_2-x_2' والذين يمكن أن تضم عدد من الزبائن يتم استبدالهما بأضلاع جديدة هي (x_1,x_2') , (y_2,y_1'), (x_2,x_1'), (y_1,y_2).

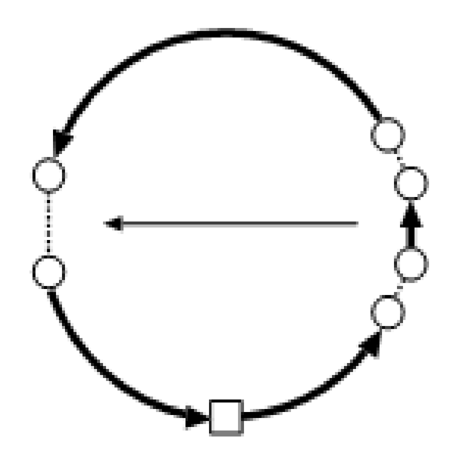
أن نلاحظ أن القيود الزمنية يجب مراعاتها خلال الاستبدال حيث أنها تفرض عملية تكييف (توجيه) ضمني على كل طريق ، ففي المثال الموضح بالشكل (1) الزبون y_1 يتم المرور عليه بعد الزبون x_1' وكذلك الأمر بالنسبة y_2 الذي يتم المرور عليه بعدx_2'. وبالتالي فإن الجزئيين y_1-x_1' و y_2-x_2' يجب أن يكون لهما نفس التكييف (التوجيه) بعد إجراء عملية الحذف.



الشكل (2-2) : عملية استبدال التقاطع (CROSS exchange)

أما بالنسبة لطريقة الاستبدال (Intra – route Exchange) التي تعتبرأحد أشكال خوارزمية التحسين$Or-opt$ تستخدم هذه الطريقة لتحسين الطرق المنفردة،

وفيها يتم حذف مسار مكون من عدد من الزبائن من طريق ما وإعادة إدخاله في موضع آخر من نفس الطريق كما هو موضح بالشكل (2-3).



الشكل (2–3) : طريقة intra exchange

هناك طرق أخرى تمزج بين الطريقتين السابقتين وتطبقهما بنفس الوقت أي (Intra–and–Cross Exchange).

في هذه الرسالة سنقوم بمقارنة الخوارزمية المقترحة (خوارزمية النمل المعدلة) مع كل من خوارزمية الجار الأقرب بدون تطبيق أي خوارزمية تحسين عليها (NN: Nearest Neighbor heuristic) ، خوارزمية الجار الأقرب المطبق عليها خوارزمية استبدال التقاطع التحسينية (CROSS +NN : CROSS Exchange+Nearest Neighbor heuristic)، خوارزمية الجار الأقرب والمطبق عليها خوارزمية الاستبدال ضمن نفس الطريق التحسينية (INTRA +NN : Intra Exchange+Nearest Neighbor heuristic) وأخيراً خوارزمية الجارالأقرب في حال تطبيق كلا الطريقتين السابقتين مع بعضهما، (CROSS +INTRA +NN : Intra Exchange +CROSS Exchange+Nearest Neighbor heuristic)

حيث سيتم تطبيق هذه الخوارزميات على مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية وتحت نفس الشروط.

4–2–2–2 طرائق أخرى مختلفة:

في هذه الفقرة سنذكر جميع الطرائق الأخرى التي لا تقع تحت أي من الأصناف سابقة الذكر.استخدم Rochat and Taillard عام (1995) [69]طريقة بحث محلية احتمالية، تعتمد على تقوية الحل، والتي تشبه في بعض الأحيان طريقة الانصهار الزائف. أولا انطلاقاً من البحث المحلي المقترح ، يتم توليد حلول مختلفة ، مجموعة الحلول الأولية المتولدة تشكل مجموعة من الرحلات T. ثانيا، يتم استنتاج الطرق الجيدة. عملية استخلاص الطرق تُتبع بعملية تحسين مع بحث محلي و من ثم إدخال طرق جديدة إلى T، وتكرر هذه العملية حتى يتحقق معيار التوقف.

قدم Potvin وRobillardعام (1999)[70] طريقة تعتمد على دمج الخوارزمية الجينية والشبكات العصبونية، في هذه الطريقة تستخدم الشبكة العصبونية لتوزيع الزبائن ضمن مجموعات. و من أجل كل عربة يتم تعريف متجه (شعاع) الوزن (weight vector)، بشكل مبدئي كل متجهات الوزن توضع عشوائياً بالقرب من محطة الانطلاق الرئيسية ومن ثم يتم اختيار الزبائن. من أجل كل زبون يتم حساب المسافة لكل من متجهات الوزن ومتجه الوزن الأقرب يتم تحديثه بتحريكه ليكون أكثر قرباً إلى محطة الانطلاق الرئيسية.

وصف Braysy و أخرون عام (2000) [71]خوارزمية تطور ذات خطوتين تعتمد على تهجين خوارزمية الجينية GA المكونة من عدة عمليات بحث و طريقة بناء الطرق التجريبية المستوحاة من دراسة سولمان(1987). في أول خطوة يتم استخدام GA المعتمدة على الدراسات التي أجراها BraysyوBerger عام (1999) [72]. الخطوة الثانية تتكون من طريقة ما بعد التجريب التطورية والتي يختار كل زوج من الطرق بترتيب عشوائي و تطبق بشكل عشوائي واحدة من عمليات البحث المحلية الأربعة أو تطبق طريقة بناء الطريق التجريبية.

قدم Tan و آخرون عام (2001) [24]طريقة تجريبية تعتمد على الذكاء الصناعي التي يمكن أن تفسر على أنها دمج لطريقة الانصهار الزائف (SA) و طريقة بحث تابو(TS). خلال العملية، إذا كان التحرك ليس ضمن اللائحة المحرمة أو المعزولة (Tabu list)و يحقق معيار الانصهار الزائف فإنه يقبل ، وبعد ذلك يتم إعادة البحث مجدداً من بداية الحل الحالي الجديد بعد تحديث قائمة توبا(اللائحة المحرمة أو المعزولة) و متغيرات SA .

الفصل الثالث

مسألة توزيع العربات باستخدام خوارزمية النمل بعد تعديلها

1-3 مقدمة

في هذا الفصل سيتم تعريف مشكلة الدراسة وعرض النموذج الرياضي لها بالإضافة إلى تقديم الطريقة المقترحة لحل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية والمعتمدة على خوارزمية النمل وبيان كيفية تطبيقها على مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية مع مثال تطبيقي وبيان ميزات طريقة المقترحة.

2-3 تعريف مشكلة الدراسة

إن أغلب المسائل التطبيقية تشترط على توزيع معين شرط زمني معين وهذا الشرط الزمني يتم توزيع البضائع أو تقديم الخدمة خلاله. مع إضافة أولوية رغبة الزبائن مثل خدمة المطاعم حيث إن التسليم يجب أن يتم خلال فترة زمنية من اليوم (الغداء أو العشاء)، إن ذلك يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار في جدول العربات، إن إضافة الشرط الزمني لمسألة VRP تعطي مسألة جديدة والتي تعرف كمسألة

(VRPTW) VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS

والتي نصادفها بشكل متكرر عند توجيه العربات لتوزيع البضائع [34].

حيث إن الشرط الزمني$[a_i, b_i]$ المعطى للزبون i يعرف كما يلي:a_iزمن بداية الخدمة وb_iزمن نهاية الخدمة. عندما يسمح الزبون ببداية الخدمة، تخديم الزبون i يجب أن لا يبدأ قبل والعربة يجب أن تصل الزبون i قبل الزمن.

العربة يمكن أن تصل قبل زمن ولكن تخديم الزبون لا يبدأ حتى زمنa_i. وهذا يسبب ضياع في الوقت لذلك يجب اعتبار ذلك كشرط ضروري.

إن لمحطة الانطلاق أيضاً شرط زمني $[a_0, b_0]$،حيث إن العربة يجب أن تغادر محطة الانطلاق بعد a_0 ويجب أن تعود لمحطة الانطلاق قبل.

3-3 النموذج الرياضي لمسالة توجيه العربات ذات القيود الزمنية

النوع الأبسط من مسألة توجيه العربات هي مسألة توجيه العربات ذات المقدرة المحدودة CVRP, وفيها كل زبون (i = 1…n) يطلب كمية من البضاعة وكل عربة ذات السعة Q متوفرة لتسليم البضاعة.

توصف رياضياً كمجموعة من العربات المتطابقة V، ومجموعة من الزبائن C، والبيان G (N, A, d) حيث $N = \{0,\ldots,n+1\}$تمثل مجموعة العقد والمخطط البياني يتكون من $|C|+2$ عقدة (رأس) حيث الزبائن ترمز بــ1,2, ... n ومحطة الانطلاق تمثل بالعقدة 0 و n+1.

$A = \{(i, j): i \neq j\}$ تدل على الأضلاع التي تصل بين محطة الانطلاق والزبائن وبين الزبائن مع بعضهم ببعض، لا توجد أي ضلع تنتهي في الرأس 0، ولا تنشأ من الرأس n+1، كلفة (المسافة) مرفقة بكل ضلع (i, j)، وأيضا Q, d_i, c_{ij} أعداد موجبة حيث كمية طلبية الزبون i.
و للإيضاح أكثر سنبين مجموعة الرموز الرياضية المستخدمة خلال النموذج الرياضي:

N : مجموعة الزبائن.

A :مجموعة الأضلاع التي تربط بين الزبائن.

V :مجموعة العربات المتماثلة.

n :رقم الزبون الذي يحتاج للخدمة.

$n+1$: محطة الانطلاق.

d_i : كمية (حجم) الطلبية.

Q :سعة العربة.

$[a_i, b_i]$:القيد الزمني للزبون i .

a_i : زمن بداية الخدمة.

b_i : زمن نهاية الخدمة.

من أجل كل ضلع (i, j) حيث $i \neq j; i \neq n+1; j \neq 0$، ومن أجل كل عربة k، x_{ijk} تعرف كما يلي :

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 \;, & \text{اذا كانت العربة } k \text{ على الضلع } (i,j) \text{ تتجه من الزبون } i \text{ إلى الزبون } j \\ 0 \;, & \text{فيما عدا ذلك} \end{cases}$$

إن هدف مسألة VRP هو تصغير الكلفة الكلية للرحلات (أي حصول على حل أمثلي) علماً بأن كل زبون يخدم مرة واحدة فقط وكل رحلة تنشأ من الرأس 0 وتنتهي في الرأس n+1.لذلك فإن النموذج الذي صيغ من قبل (Larsen,1999) [73]و النموذج الرياضي لهذه المسألة يعطى بتابع الكثافة التالي:

$$\min \sum_{k \in V} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} . x_{ijk} \qquad (1)$$

مع الشروط التالية:

$$s.t.$$

$$\sum_{i\in N}\sum_{j\in N} x_{ijk} = 1 \qquad \forall i \in C \qquad (2)$$

$$\sum_{i\in C} d_i \sum_{j\in N} x_{ijk} \le Q \qquad \forall k \in V \qquad (3)$$

$$\sum_{j\in N} x_{0jk} = 1 \qquad \forall k \in V \qquad (4)$$

$$\sum_{i\in N} x_{ihk} - \sum_{j\in N} x_{hjk} = 0 \qquad \forall h \in C, \forall k \in V \qquad (5)$$

$$\sum_{i\in N} x_{in+1k} = 1 \qquad \forall k \in V \qquad (6)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \qquad \forall i, j \in N, \forall k \in V \quad (7)$$

تابع الهدف هو المعادلة (1) الذي يهدف إلى تصغير مسألة الرحلة الكلية.

الشرط (2) يضمن زيارة كل زبون مرة واحدة فقط.

الشرط (3) ينص على أن كل عربة لا تحمل أكبر من سعتها.

الشرط (4) يضمن أن كل عربة تغادر من محطة الانطلاق 0.

الشرط (5) يتضمن أنه بعد الوصول إلى الزبون تغادر العربة متوجهة إلى زبون أخر.

الشرط (6) يتضمن أن تصل العربة في نهاية المطاف إلى محطة الانطلاق n+1.

الشرط (7) يتضمن أن المتحول يأخذ قيمة ثنائية أي إما صفر وواحد.

إن لمحطة الانطلاق أيضاً شرط الزمني $[a_0, b_0]$ حيث إن العربة تستطيع أن تغادر محطة الانطلاقبعدa_0 ويجب أن تعود لمحطة الانطلاق قبل. في VRPTW أزمنة الخدمة المسموح بها للزبائن تضيف تعقيداً لـــ VRP لأن شرط إمكانية (موافقة) الزمن يجب أن يرضي كل زبون. في ما يلي مجموعة من متغيرات القرارات والشروط المضافة إلى النموذج لتحدد أوقات بدء الخدمة.

s_{ik} : زمن بدء خدمة الزبون i بواسطة العربةk $\forall i, j \in N, \forall k \in V$.

افترض: $\alpha_0 = 0 \; s_{0k} = 0 \; \forall k \in V$

$$s_{ik} + t_{ij} - L(1 - x_{ijk}) \le s_{jk} \quad \forall i, j \in N, \forall k \in V \qquad (8)$$

$$\alpha_i \le s_{ik} \le b_i \quad \forall i \in N, \forall k \in V \qquad (9)$$

الشروط (8) تنص بأن العربة k تذهب منi إلىj ولا يمكن أن تصل j قبل: $\mathrm{s_{ik}} + \mathrm{t_{ij}}$.$L$في هذا الشرط هي عدد كبير جداً.

الشرط (9)يتضمن الخدمة خلال الشرط الزمني.

3-4 الطريقة المقترحة لحل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية:

تتميز طريقتنا المقترحة بالنقاط التالية:

1- **توليد القائمة المرشحة (Candidate List):**

توليد القائمة المرشحة لكل زبون والتي تستخدم لتقليل الزمن اللازم لإيجاد الطريق وكذلك طول الرحلة ويتم توليدها بالطريقة التالية: في نظام مستعمرة النمل المرور على الزبون j بعد الزبون الحالي i (بمعنى أن احتمال أن يكون الزبون j هو الزبون التالي (الذي سيتم المرور عليه) للزبون الحالي i) يعتمد على كمية الحمض والإمكانيةη_{ij} على الضلع$(\mathrm{i,j})$. لذلك يتم تشكيل مجموعة مرشحة لكل زبون (i) وذلك بأخذ عدد من الزبائن المتوفرين (K) ذوي الجاذبية الأعلى= φ_{ij} $\tau_{ij}[\eta_{ij}]^{\beta}$، حيث βقوة الوزن الذي يقيس الكثافة على الضلع (i, j).

2- **يجاد قيمة كثافة (ترسب) حمض النمل الابتدائية τ_0:**

عادة هذه القيمة تساوي مقلوب طول أفضل طريق مُوجد للمسألة،حيثطول الحل (الطريق) الأولي وn عدد الزبائن التي تستطيع أن تولد أقصر الطرق. في هذه الطريقة يتم إيجاد الحل بشكل مستقل عن الحلول السابقة.

3- **الإمكانية (Visibility)** η_{ij}:

طول الرحلة في VRPTW لا يحدد بالمسافة بين زبونين فقط وإنما أيضاً هناك عدة معايير أساسية تأخذ بعين الاعتبار في طول الرحلة مثل المسافة بين الزبون والمحطة والشرط الزمني المرفق بالزبون ومن هي النملة التي يجب أن تتحرك أولاً (الأولوية). في دراستنا سنستخدم المعايير الثلاثة سابقة الذكر لحساب الإمكانية. مقياس التوفير قدم من قبل Clarke وآخرون عام (1964) [13] والغاية من استخدامه الأخذ بعين الاعتبار مسافات الزبائن عن المحطة. يحسب مقياس التوفيرs_{ij}بالشكل التالي:

$$s_{ij} = d_{i0} + d_{0j} - d_{ij}$$

حيث d_{ij} تمثل المسافة بين الزبون i والزبون j و d_{i0} تمثل المسافة بين الزبون i والمحطة. وهكذا s_{ij} تمثل التوفيرات المكتسبة نتيجة تخديم الزبون i والزبون j بواسطة الطريق (i,j) بدلاً من خدمتهم بواسطة طرق أخرى. كلما كانت قيمة التوفيرات s_{ij} هذا يعني زيادة احتمال أو أفضلية أن يتم المرور على الزبون j بعد الزبون الحالي i (أي أن الزبون التالي سيكون هو j)، بينما زيادة طول المسافة بين الزبون i والزبون j يقلل من احتمال كون الزبون j هو الزبون التالي الذي سيتم المرور عليه.

وهكذا التوفير في كل وحدة طول (قيمة التوفير/ وحدة طول) خلال الرحلة بين الزبائن يقيس الجاذبية لزيارة الزبون j بعد الزبون i وتحسب كما يلي :

$$\mu_{ij} = \begin{cases} (d_{i0} + d_{0j} - d_{ij})/d_{ij} \quad if \; d_{i0} + d_{0j} - d_{ij} \geq 1 \\ 1/d_{ij} \quad \text{ما عدا ذلك} \end{cases}$$

القيمة المرتفعة لـــ μ_{ij} تدل على أن زيارة الزبون j بعد الزبون i هي الاختيار المرغوب وبالتالي طول الرحلة يتوقع أن يكون أقصر إذا كان احتمال التحرك من الزبون i إلى الزبون j يزداد مع μ_{ij}. علاوة على ذلك، بما أن VRPTW مسألة مقيدة بالشرط الزمني، فإنه يتم إعطاء أفضلية (الأولوية) الانتقال إلى الزبون الذي يوشك أن ينقضي زمن تخديمه، قاعدة الأولوية K_{ij} تحسب بالشكل التالي:

$$K_{ij} = t_w (b_j - t_c)$$

حيث يمثل زمن الانتظار، t_c يمثل الزمن الحالي، بينما تحسب كما يلي :

$$t_w = \begin{cases} t_{ij} \quad , if \;\; t_c + t_{ij} \geq a_j \\ a_j - t_c, \quad \text{ما عدا ذلك} \end{cases}$$

حيث a_j تمثل زمن بداية الخدمة الزبون j.

إمكانية اختيار الزبونjبعد الزبون i يحسب كما يلي :

$$\mu_{ij} = \begin{cases} \frac{\mu_{ij}}{K_{ij}} & , if \ \frac{K_{ij}}{\mu_{ij}} \geq 1 \\ 1 & , \text{ما عدا ذلك} \end{cases}$$

4- **عملية بناء الطريق:**

وفيها نفترض أن عدد النملات يساوي عدد الزبائن، وبشكل أولي يتم وضع نملة عند كل زبون، ثم تبني كل نملة طريقها الخاص باختيار ناجح للزبون المتاح الذي لم يتم المرور عليه (غير المُزار). احتمال كون زبون ما هو التالي لكي يتم زيارته تعتمد على كثافة (ترسب) الحمض وعلى الإمكانية، هذا الاحتمال يعطى بالمعادلة التالية:

$$\varphi_{ij} = \tau_{ij} \left[\eta_{ij} \right]^{\beta}$$

τ_{ij} تمثل كمية الحمض على الضلع (i,j)،βقوة الوزن الذي يقيس الكثافة على الضلع (i,j). وباستخدام المعادلات المتتالية (17) و(18).

كل نملة يمكن إما أن تنتقل إلى الزبون الأكثر جاذبية أو أن تختار عشوائياً الزبون التالي وتنتقل إليه وذلك بالاعتماد على التوزيع الاحتمالي [14]$p(i,j)$:

$$p(i,j) = \begin{cases} \arg\max_{j \in \Omega(i)} \varphi_{ij} & , if q \leq q_0 \\ p(i,j) & , \text{عدا ذلك} \end{cases} \quad (17)$$

$$p(i,j) = \begin{cases} \frac{\varphi_{ij}}{\sum_{h \in \Omega(i)} \varphi_{ij}} & , \ if \ j \in \Omega(i) \\ 0 & , \text{ما عدا ذلك} \end{cases} \quad (18)$$

حيث قيمة المتحول (18) هي لإنقاص احتمال تكرار اختيار نفس الزبون، فإنه في كل مرة تتحرك فيه النملة من زبون لأخر فإن كمية الحمض على الضلع المختار يتم إنقاصها بتطبيق قاعدة التحديث المحلي المعطية بالمعادلة (19):

$$\tau_{ij} = (1-\rho)\tau_{ij} + \rho\tau_0 \quad (19)$$

حيثρ متحول يأخذ قيمته كالتالي: $1 \le \rho \le 0$ وإلا فإن بعض الأضلاع تصبح مهيمنة وفي هذه الحالة سيتم إعادة بناء نفس الطرق من أجل كل التكرارات.

إذا لم يوجد زبون ممكن نتيجة إما عدم تحقق قيد السعة أو قيد الشرط الزمني،عندئذ يتم اختيار محطة الانطلاق واعتباره الزبون التالي ومن ثم يتم البدء ببناء طريق جديد، تكرر هذه العملية حتى يتم المرور على كل الزبائن.

5- التحديث العام للحمض (Global Pheromone Update):

حالما تبني كل النملات رحلاتها، يتم اختيار أفضل λ رحلة، حيث إن إجرائية التحسين المستخدمة سيتم تطبيقها على هذه المجموعة المختارة فقط وذلك بهدف تحسين الحلول [15].

ثم تطبق قاعدة التحديث العام كما يلي [16]:

$$\tau_{ij} = (1-\rho).\tau_{ij} + \sum_{r=1}^{\lambda-1} \Delta\tau_{ij}{}^{r} + \lambda.\Delta\tau_{ij}{}^{*}$$

إذا تم استخدام طريق ما من قبل النملة المفضلة$\boldsymbol{r^{th}}$، فإن قيمة الحمض ع(i,j) تتزايد بـــالقيمة التالية:

$\tau_{ij}{}^{r} = (\lambda - r)/L_r$حيث L_r طول رحلة النملة المفضلة$\boldsymbol{r^{th}}$، أيضاً تزداد قيمة الحمض بالنسبة لأفضل حل (طريق) تم إيجاده حتى الآن إذا تم اجتياز هذا الطريق من قبل λ من النملات ومقدار هذه الزيادة:

$\Delta\tau_{ij}{}^{*} = 1/L^{*}$. حيث$L^{*}$طول أفضل حل تم الحصول عليه حتى الآن.

3-5 المحاكاة بين النمل الطبيعي والنمل الصناعي:

الجدول (3-1) يوضح المحاكاة بين النمل الطبيعي والنمل الصناعي:

النمل	العربات
حمض النمل الأولي	مقلوب طول أفضل طريق أولي يتم إيجاده
الإمكانية	يحدد بالمسافة بين زبونين، وبالمسافة بين الزبون والمحطة، الشرط الزمني المرفق بالزبون.
مسكن النمل	محطة الانطلاق
مصدر الطعام	الزبائن

3-6 إجرائية خوارزمية مستعمرة النمل :

Procedure ACO heuristcs()
While (termination condition not met)
Schedule activities
Ants generation and activity();
Pheromone evaporation();
end Schedule activities
end While
end Procedure

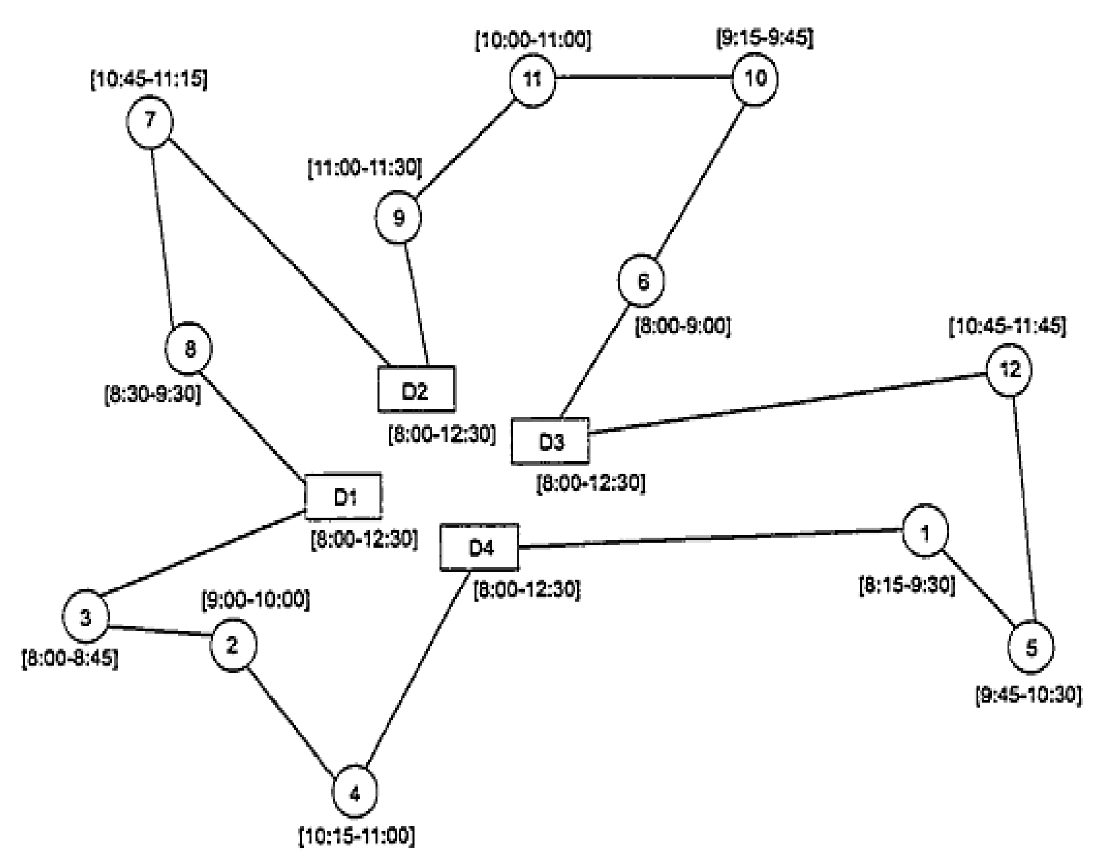
Procedure Ants generation and activity()
While(available resources)
New active ant();
end While
end Procedure

Procedure New active ant();
Initialize ant ();

M=update ant memory ();
While (current memory $\neq$complete solution)
A= read local ant routing table ();
P= complete transition probabilities ;
next state =apply decision policy ;
move to next state (next state);
if (local Pheromone update)
deposit Pheromone on the visited arc();
update ant routing table ();
end if
M= update internal state ();
end While
if global (Pheromone update)
for each visited arc **do**
deposit Pheromone on the visited arc();
update ant routing table ();
end for
die;

3-7 خوارزمية النمل المعدلة و تطبيقها على مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية:

سنشرح كيفية تطبيق خوارزمية النمل على مسألة توجيه العربات ذات القيد الزمني (VRPTW) والشكل (3− 1) يوضح مثال تطبيقي لحل المسألة المطروحة.



الشكل (3 − 1) : مثال تطبيقي

يمكن تلخيص خطوات الخوارزمية النمل المعدلة كالتالي:

1- طبق طريقة البناء لتوليد الحل البدائي الممكن.

2- ضع القيمة البدائية للحمض على كل ضلع.

3- (شرط التكرار لم يتحققwhile)

4- For (k=1 حتى m)

5- اختار محطة الانطلاق كعقدة حالية

6- كرر

7- طبق قاعدة النقل لاختيار عقدة الزبون التالي ()

8- حدث حالة النملة k من أجل العقدة التالية

9- عقدة الحالية ⟵ عقدة التالية

10- (لا يوجد زبون ممكن للاختيار) Ifعندئذٍ

11- اختار محطة الانطلاق كعقدة حالية

12- ضع زمن ومقدار حمولة النملة (سعة العربة) k تساوي الصفر

13- End If

14- حدث قافلة الحمض للضلع الحالي ()

15- حتى النملة k تزور كل عقد الزبائن

16- (كان الحل أفضل) If

17- حدث أفضل حل وجد حتى الآن

18- End if

19- ForEnd

20- حدث قافلة الحمض للحل الأفضل ()

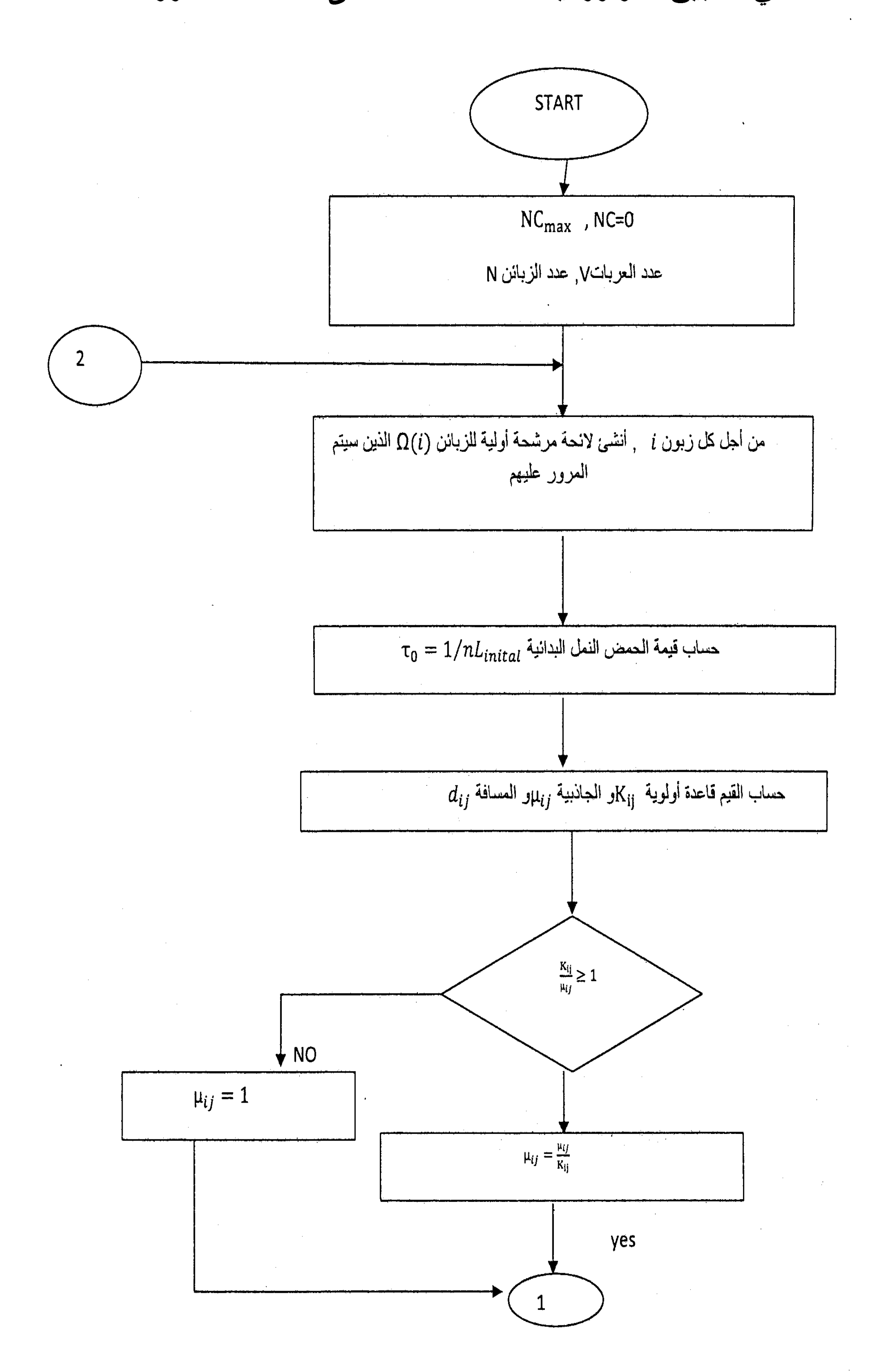
21- End while

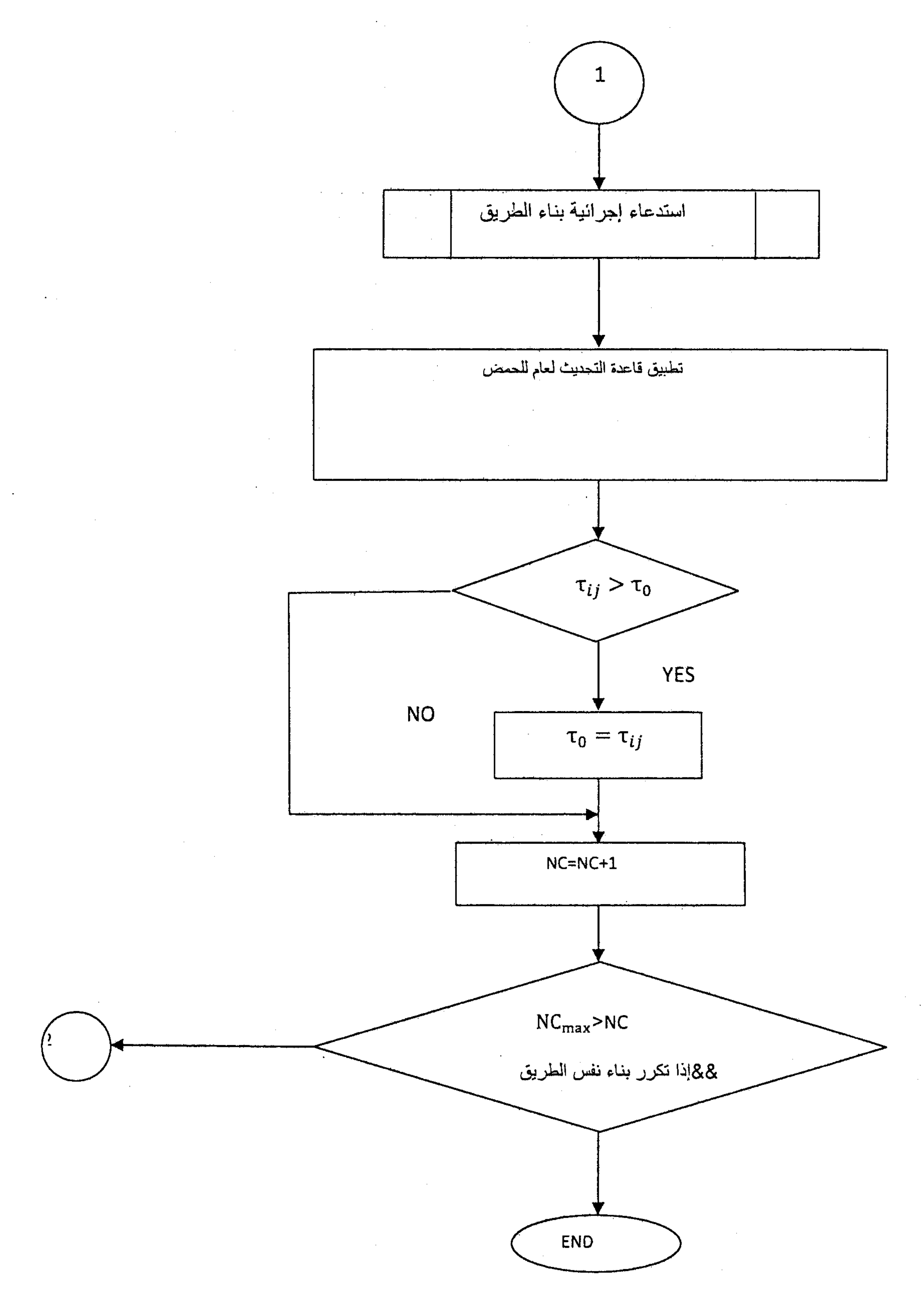
22- اعرض أفضل حل موجود حتى الآن

23- توقف.

VRPTW تتضمن بناء الطرق ذات الكلفة الأقل، حيث كل طريق يُخدم بعربة واحدة، لذلك كل الزبائن تخدم مرة واحدة فقط. مجموعة العرباتV لتحقق طلبات الزبائن. كل طلبية$i \in C$ تعين حجم الطلبية وموقع التحميل أو التوصيل التي يحد بإحداثياتXYوالشرط الزمني يعرف كمجال $[a_i, b_i]$هذا الزبون i. في نموذج نظام مستعمرة النمل لحل مسألة VRPTW تطبق إجرائية بناء الطريق لتوليد الحل الأولي الممكن (مجموعة طرق العربات) لهذه المسألة ثم تحول إلى رحلة نملة واحدة. نفرض عدد محطات الانطلاق يساوي عدد العربات التي تبني بواسطة إجرائية بناء الطريق. تعطى كمية الحمض البدائية τ_0 لكل ضلع وذلك اعتماداً على جودة الحل، ثم باستخدام إجرائية البناء تنشئ رحلة واحدة بواسطة النملة تبعاً لشروط وطبيعة المسألة. وأخيراً يتم تحسين الطرق التي يتم بناؤها بتطبيق خوارزمية التحسين $2-opt$.

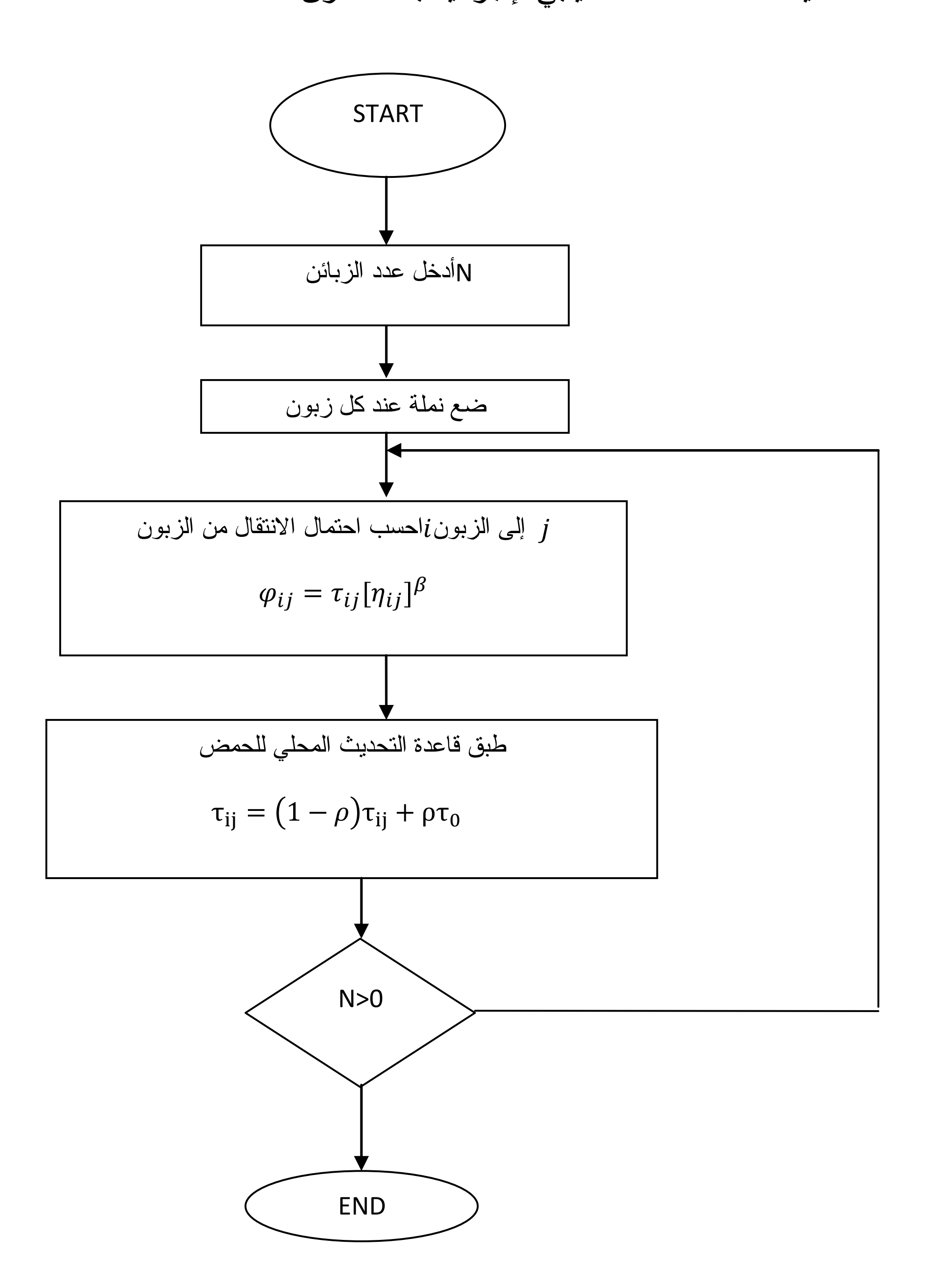
3-8 المخطط التدفقي لتطبيق خوارزمية النمل المعدلة على المسألة المطروحة:





المخطط الانسيابي للخوارزمية ACO على VRPTW

يصف المخطط الانسيابي لإجرائية بناء الطرق المستخدمة:



إجرائية بناء الطرق

9-3 ميزات الطريقة المقترحة:

تمتاز الطريقة المقترحة بمايلي:

1) يتم تحديث القوائم المرشحة بعد كل تكرار حيث أن جاذبية الأضلاع تعتمد على قيم الحمض المترسبة عليها، وبالتالي عندما يتم تحديث قيم الحمض المترسبة على الأضلاع فإن بعض هذه الأضلاع والتي لم تكن ضمن اللائحة المرشحة من ممكن أن تصبح جذابة لذلك نقوم بتحديث اللوائح المرشحة بعد إجراء التحديث العام للحمض.
2) كما أن حساب قيمة الحمض المترسبة الأولية لا تعتمد على طول مسافة الطرق المعروفة فحسب وإنما أيضاً تعتمد على الحلول المتاحة التي يتم إيجادها وذلك لتحسين الحل في المراحل التالية.
3) وكذلك لم يعتمد حساب الإمكانية (Visibility) على المسافة بين الزبونين فقط وإنما أيضاً تم أخذ بعين الاعتبار معايير أخرى مثل المسافة بين الزبون ومحطة الانطلاق، والشرط الزمني المرفق بالزبون وكذلك من هي النملة التي يجب أن تتحرك أولاً (الأولوية).
4) تم استخدام خوارزمية التحسين 2-opt وذلك لتحسين حل المسألة المطروحة أي تحسين الطريق الذي تم بناؤه .
5) التعديلات التي تم إدخالها على خوارزمية مستعمرة النمل حققت تحسيناً في الأداء والكفاءة من دون أن تضيف تعقيد للخوارزمية وبدون إضافة كلفة حسابية.
6) إمكانية استخدام الطريقة المقترحة لأشكال أخرى لمسألة توجيه العربات.

3-10 نتائج وتحليلها:

3-10-1 مقدمة

في هذا الفقرة سنقوم بإجراء التجارب العملية للطريقة المقترحة وهي طريقة محسنة لخوارزمية مستعمرة النمل لحل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية . ومن ثم تحليل النتائج التي يتم الحصول عليها وتحليلها ومقارنتها مع النتائج التي تم الحصول عليها مع أشهر النتائج المعروفة لحل هذه المسألة باستخدام خوارزمية مستعمرة النمل، ومن ثم مقارنة طريقتنا المقترحة مع طرائق الجار الأقرب و وتحليلها وبينان أي الطرق هي الأفضل وكذلك رسم المنحنيات التي توضح النتائج التي حصلنا عليها .

3-10-2 متغيرات المسألة المفروضة

تم تطبيق الطريقة المقترحة على 100 (عدد الزبائن n=100) زبون يتم توزيعهم في منطقه مساحتها 100*100 (مساحة توزع الزبائن) ، حيث أن الدراسة ستتم في عدة حالات، مثلاً في حالة الزبائن موزعين بشكل عشوائي وفي حالة الزبائن موزعين ضمن مجموعات وفي حالة جزء من الزبائن موزع عشوائياً والجزء الآخر موزع ضمن مجموعات.

كما أنه نفترض بأن عدد العربات المستخدمة في مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية والتي نقوم بحلها هو 25 (k=25) وأن سعة كل عربة هو 200 كيلو ، كما أنه تم تحديد عدد التكرارات الأعظمي ليكون 5000 حيث أن عدد التكرارات يؤثر على كل من جودة الحل وزمن الحساب . عندما يكون عدد التكرارات كبير فإن احتمال الوصول إلى حل أحسن يزداد ولكن على حساب زمن الحساب المستغرق للحصول على الحل.

من خلال الدراسات السابقة تم ملاحظة أنه لا يوجد تحسن عندما يزداد عدد التكرارات عن 5000، لذلك سنعتبر عدد التكرارات هو 5000.

الجدول (3-2) يوضح متغيرات المسألة المفروضة حيث أن بقية متغيرات المسألة تم اعتمادها وفقاً لما هو شائع في الدراسات السابقة.

جدول3–2: قيم متغيرات المسألة

500	عدد التكرارات الأعظمي
100*100	مساحة توزع الزبائن
25	عدد العرباتk
0.1	ρ
0.75	q_0
2	قوة الوزنβ
100	nعدد الزبائن

3–10–3 عرض النتائج وتحليلها

لفحص جودة الحل لأي تحسين، يجب أن يخضع الأداء لاختبار مقارنة في أمثلة متنوعة للمسألة مع سمات مختلفة. ولهذا الغرض قدم سولمان [74] مجموعة معطيات تضم 56 حالة للمسألة والتي هي عبارة عن ست مجموعات من المعطيات المختلفة من حيث حجم الأسطول، سعة العربة، زمن الرحلة ، و التوزع المكاني والزماني للزبائن (الموقع، القيد الزمني، زمن الخدمة). المسافة تمثل بالمسافة الاقليدية كما أنها تفترض أن سرعة كل العربات واحدة (العربة تستغرق وحدة زمن لقطع وحدة مسافة، مثلاً العربة تسير بسرعة 100كم في الساعة). كل حالة في مجموعة معطيات سولمان يتضمن محطة انطلاق رئيسية للعربات و مئة زبون يجب تخديمهم. الشروط المفروضة تفرض قيود على سعة العربات و الفترة الزمنية لتخديم الزبون (القيد الزمني) .

عادة مجموعة معطيات سولمان الستة تصنف في ثلاث أصناف وهي :

الصنف الأولى: الزبائن تتوزع ضمن مجموعات (قطاعات) (clusters) ويرمز لها بـــ C وهناك نوعين C1وC2 فمثلاً c101 تعني أن الزبائن تتوزع في 10 مجموعات.

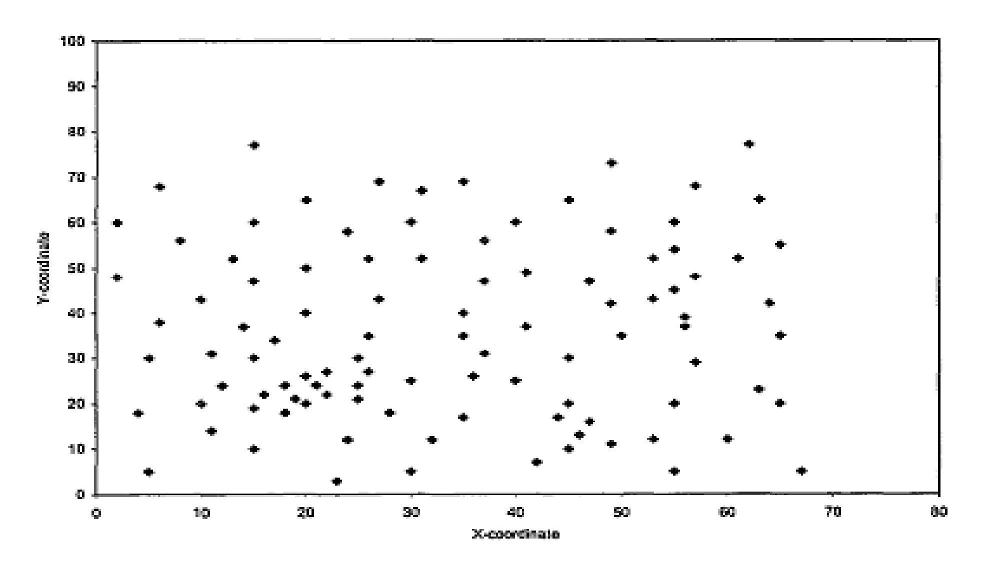
الصنف الثاني: الزبائن تتوزع عشوائياً (randomly) ويرمز لها بـــ R وهناك نوعين R2,R1.

الصنف الثالث: جزء من الزبائن يتوزع ضمن مجموعات أوقطاعات والقسم المتبقي يتوزع عشوائياً ويرمز لها بـــ RC وهناك نوعين RC2,RC1. حيث إن RC1،C1, R1 تمثل الطرق القصيرة وتمتاز بأن مجال الشرط الزمني صغير وسعة العربات صغيرة بينما R2,C2 وRC2 تمثل الطرق الطويلة وتمتاز بأن مجال الشرط الزمني كبير وسعة العربات كبيرة، والجدول (3–2) يوضح مجموعات سولمان المعروفة بمجموعات سولمان الـــ 56.

جدول 3-3: مواصفات مجموعات سولمان.

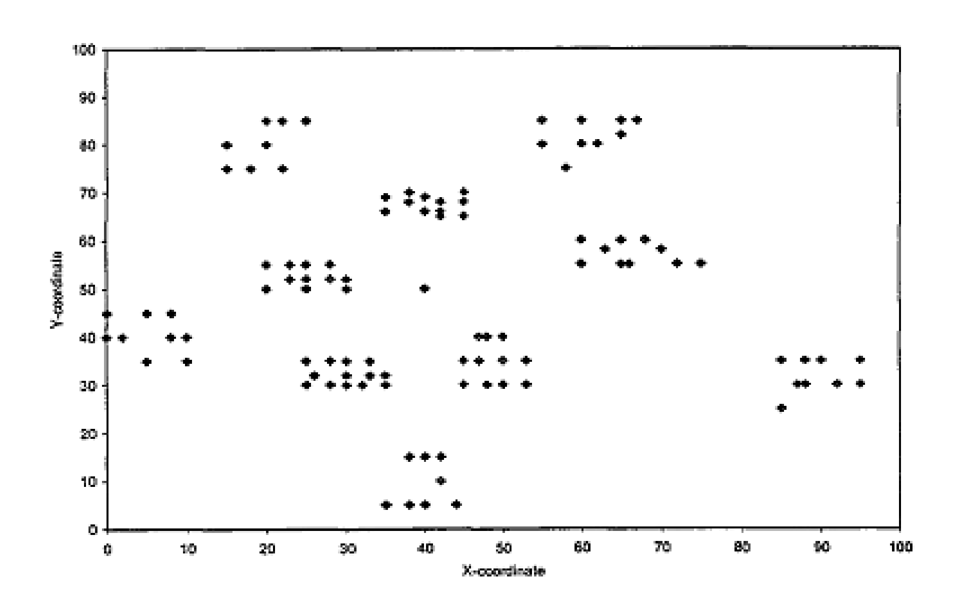
المواصفات	عدد الحالات	عدد الزبائن	مجموعات سولمان
يتوزع الزبائن ضمن مجموعات، طرق قصيرة	9	100	C1
يتوزع الزبائن ضمن مجموعات، طرق طويلة	8	100	C2
يتوزع الزبائن عشوائياً، طرق قصيرة	12	100	R1
يتوزع الزبائن عشوائياً، طرق طويلة	11	100	R2
قسم من الزبائن تتوزع عشوائياً وقسم تتوزع ضمن مجموعات، طرق قصيرة	8	100	RC1
قسم من الزبائن تتوزع عشوائياً وقسم تتوزع ضمن مجموعات، طرق طويلة	8	100	RC2

الشكل (3-2) يوضح توزع الزبائن العشوائي في حالة R101 .



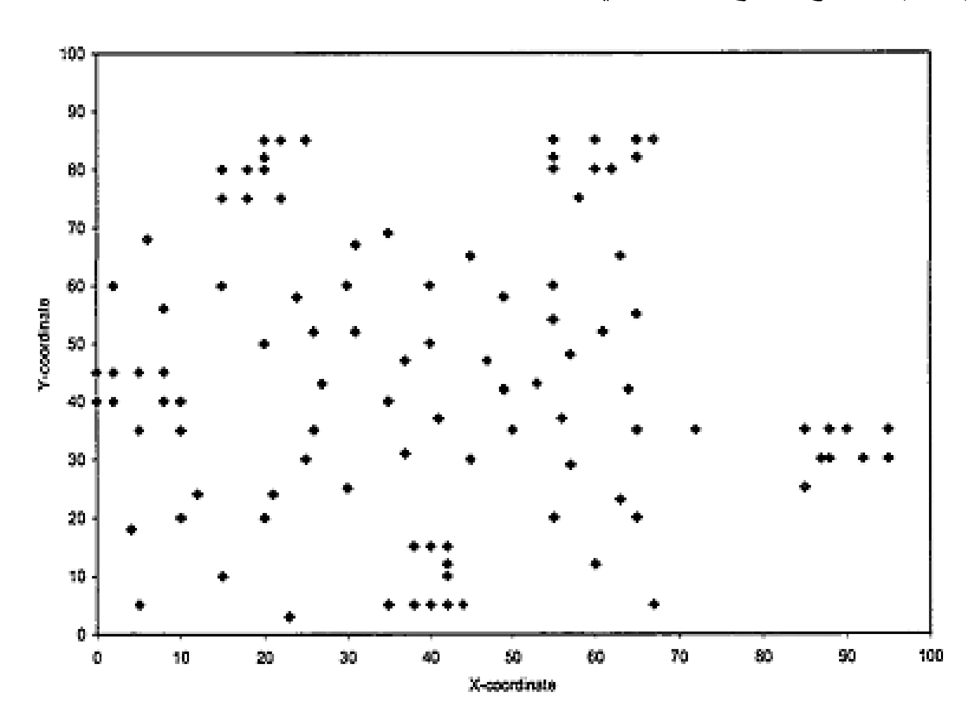
الشكل 3-2: توزع الزبائن لــ R_{101}

بينما الشكل (3-3) يوضح توزع الزبائن في حالة Cl01



الشكل 3-3: توزع الزبائن لــ C_{l01}

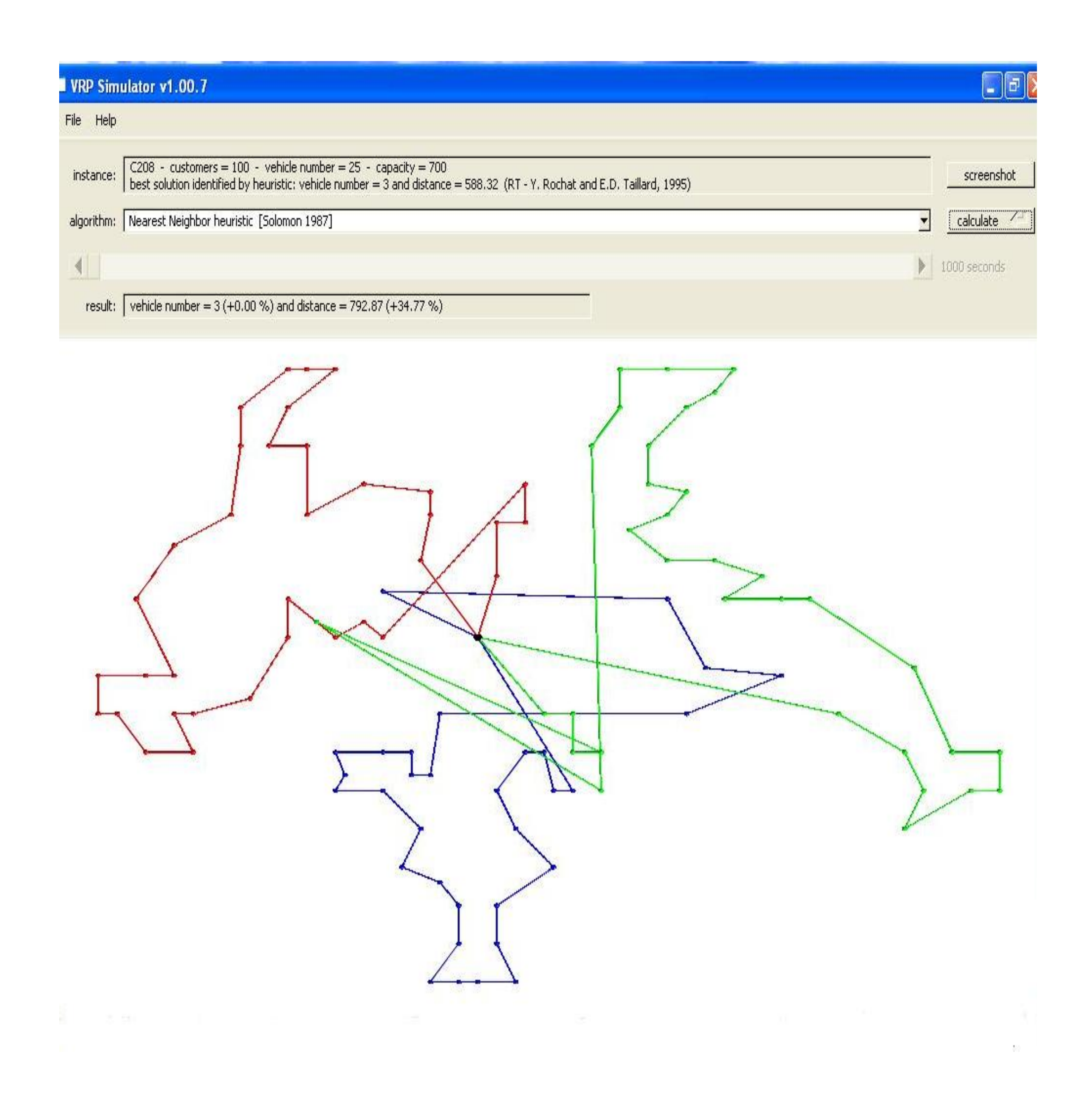
أما الشكل (3-4) يوضح توزع الزبائن في حالة RC101.



الشكل 3-4: توزع الزبائن لــRC101

تم استخدام لغة البرمجة++ C لكتابة خوارزمية النمل المعدلة وتطبيقها على المسألة المعروضة كما أنه تم استخدام المحاكي المصمم لحل مسألة توجيه العربات (VRP Simulator) للحصول على النتائج المنشورة.

الشكل (3-5) يوضح كيفية توزع 100 زبون وإيجاد حل باستخدامVRP Simulator



الشكل(3-5): مثال يوضح كيفية توزع الزبائن (100 زبون) وإيجاد أفضل الطرق باستخدام VRP Simulator.

معيار التقييم الذي تم اعتماده لتعريف الطريق الأفضل يتم تطبيقه بهدف إنقاص عدد العربات وطول الرحلة ، يعبر عنه كالتالي : الحل الممكن مع vعربة هو أفضل من الحل مع $v + 1$ عربة ، حتى لو كان طول الرحلة في حالة vعربة أكبر من طول الرحلة في حالة الحل مع $v + 1$ عربة.

ومن أجل السهولة والتبسيط سيتم تقييم أداء الطريقة المقترحة باستخدام المتحولين متوسط عدد العربات (MNV:Mean Number of Vehicles) ومتوسط طول الرحلة (Mean total MTD :Travel Distance)، بالإضافة للعدد الإجمالي لعدد العربات (Cumulated Number of CNV: Vehicles) التي تم استخدامها في كل حالات مجموعة معطيات سولمان 56 وكذلك المسافة الإجمالية (CTD:Cumulated Travel Distance) التي تم قطعها لمجمل حالات مجموعة معطيات سولمان 56.

سيتم تطبيق الطريقة المقترحة باستخدام مجموعة معطيات سولمان وذلك في الحالات سابقة الذكر.

الجدول (3–4) يوضح مقارنة النتائج التفصيلية لتطبيق الخوارزمية المقترحة لحل المسألة مع أشهر الحلول المعروفة وذلك اعتماداً على مجموعة معطيات سولمان1، حيث أن هذه المقارنة تتم وفقاً لعدد العربات المستخدمة وللمسافة الكلية المقطوعة أو ما يسمى بطول الرحلة.

الجدول (3–5) يوضح مقارنة النتائج التفصيلية للطريقة المقترحة مع أشهر الحلول المعروفة اعتماداً على مجموعة معطيات سولمان2، حيث أن هذه المقارنة تتم وفقاً لعدد العربات المستخدمة وللمسافة الكلية المقطوعة أو ما يسمى بطول الرحلة.

وأخيراً الجدول (3–6) يوضح مقارنة الطريقة المقترحة مع أشهر الحلول المعروفة باستخدام مجموعات سولمان وذلك من حيث متوسط عدد العربات (MNV) ومتوسط طول الرحلة أو المسافة المقطوعة (MTD).

بالنظر إلى النتائج الموضحة في الجدول (3–6) نلاحظ أن الطريقة المقترحة أعطت نتائج أفضل من حيث متوسط طول المسافة المقطوعة وذلك في حالة مجموعة المعطيات c1 وc2. كما أن الطريقة المقترحة أظهرت نتائج أفضل في حالة مجموعة المعطيات r2و r1وذلك من حيث متوسط عدد العربات ومتوسط طول المسافة المقطوعة وكذلك الحال بالنسبة لمجموعة المعطيات Rc1 إما بالنسبة لمجموعة المعطيات Rc2فإن الطريقة المقترحة أظهرت تفوقاً من حيث متوسط طول المسافة المقطوعة. كما أنها حققت تحسناً من حيث عدد العربات الإجمالي حيث إن عدد العربات المستخدمة بالطريقة المقترحة حيث إن عدد العربات المستخدمة بالطريقة المقترحة أقل بـــ 4 عربات وكذلك الأمر بالنسبة لإجمالي المسافة المقطوعة حيث أظهرت النتائج تناقص طول الرحلة الإجمالي في الطريقة المقترحة مقارنة مع طولها في أشهر الحلول المعروفة.

جدول 3–4: مقارنة النتائج التفصيلية للطريقة لمقترحة مع أفضل الحلول المعروفة اعتمادا على مجموعات سولمان

المسألة	أفضل النتائج المعروفة		الطريقة المقترحة	
	TD	NV	TD	NV
c101	828,94	10	828,94	
c102	937.08	10	925.61	10
c103	1006.92	10	1039.95	10
c104	1020.14	10	931.99	10
c105	828.94	10	828,94	10
c106	854.35	10	854.35	10
C107	832.27	10	828,94	10
C108	855.12	10	828,94	10
C109	939.66	10	881.46	10
r101	1800.73	19	1797.06	19
r102	1623.98	18	1610.81	17
r103	1363.83	14	1348.60	14
r104	1065.57	11	1044.12	11
r105	1572.54	15	1533.66	14
r106	1399.88	13	1371.17	13
r107	1179.46	11	1226.12	11

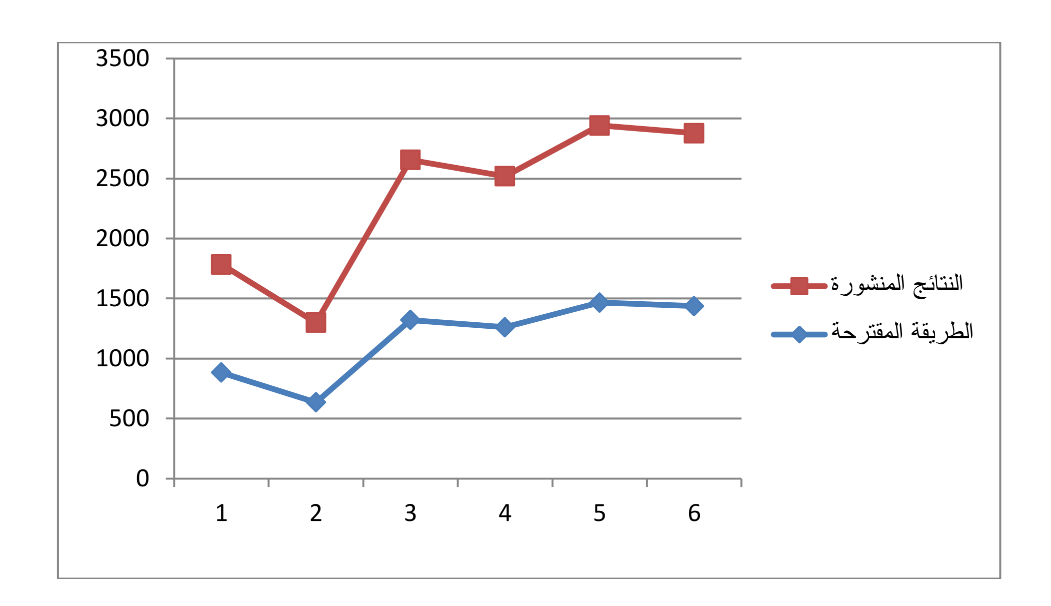
r108	1118.20	10	1034.32	10
r109	1346.65	12	1319.20	13
r110	1223.59	11	1231.76	11
r111	1228.13	11	1231.51	11
r112	1089.19	10	1091.94	10
rc101	1754.51	15	1719.34	15
rc102	1586.13	13	1606.24	13
rc103	1330.53	11	1362.97	11
rc104	1280.73	11	1245.75	10
rc105	1663.14	15	1733.50	14
rc106	1477.82	12	1479.89	12
rc107	1408.12	12	1311.76	11
rc108	1299.27	11	1267.61	11

جدول 3-5: مقارنة متوسط نتائج الطريقة المقترحة مع أشهر الحلول المعروفة باستخدام مجموعات سولمان

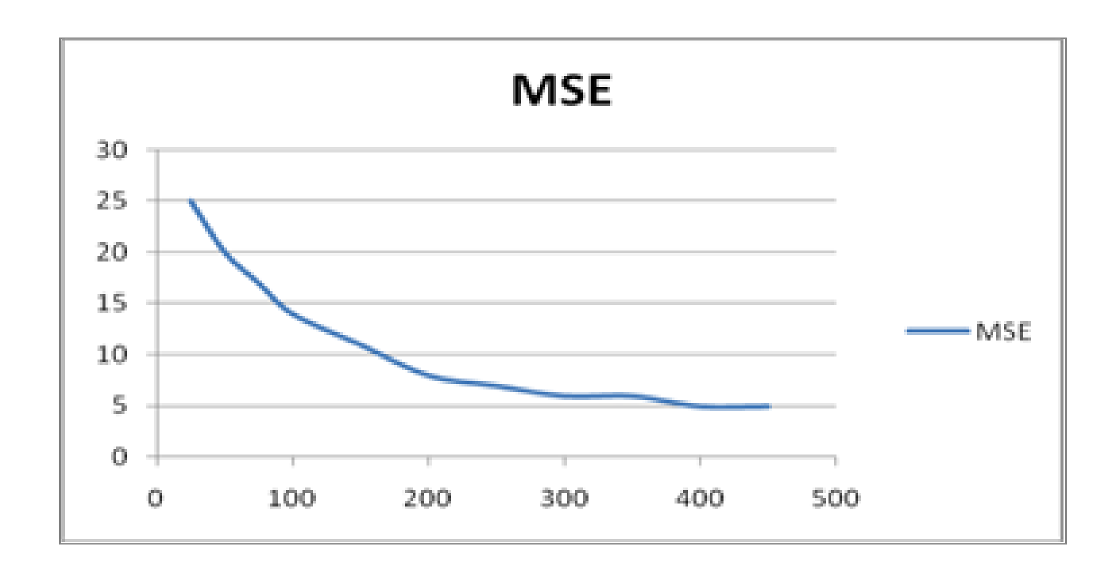
مجموعة المعطيات	القيمة المتوسطة	أفضل النتائج المعروفة	الطريقة المقترحة
C1	MNV	10.00	10.00
	MTD	900.38	883.24
C2	MNV	3.00	3.00
	MTD	664.45	634.26
R1	MNV	12.92	12.83
	MTD	1334.31	1320.02
R2	MNV	3.09	3.00
	MTD	1258.37	1260.66
Rc1	MNV	12.50	12.25
	MTD	1475.03	1465.88
Rc2	MNV	3.38	3.38
	MTD	1441.10	1436.54
الإجمالي	CNV	430	426
	CTD	66602	65950

الشكل (3-6) يمثل منحني بياني يوضح مقارنة بين الطريقة المقترحة والنتائج المنشورة وذلك من حيث متوسط المسافة المقطوعة (طول الرحلة) حيث يظهر جلياً بأن متوسط طول الرحلة في الطريقة المقترحة أقصر مما هو عليه في النتائج المنشورة وهذا يحقق تحسناً واضحاً.

الشكل(3−7) يبين المنحني البياني للخطأ مع التكرار (MSE).



الشكل 3−6: مقارنة نتائج الطريقة المقترحة بالنتائج المنشورة حيث المحور الأفقي يمثل مجموعات سولمان والمحور العمودي يمثل متوسط المسافة المقطوعة.



الشكل 3−7: منحنى التكرار مع الخطأ حيث يمثل المحور الأفقي التكرارات والمحور العمودي الفروق

3-10-4 مقارنة الطريقة المقترحة مع طرائق الجار الأقرب:

سنقوم بمقارنة الطريقة المقترحة مع طريقة الجار الأقرب و توسيعاتها المختلفة ، والجدول(3-6) يوضح النتائج التفصيلية للمقارنة بين الطرائق المختلفة في جميع الحالات:

الجدول 3-6 : النتائج التفصيلية لمقارنة الطريقة المقترحة مع طريقة الجار الأقرب و توسيعاتها

الطريقة / مجموعة سولمان	خوارزمية النمل المعدلة M_ACO		طريقة الجار الأقرب NN		طريقة استبدال التقاطعات +NN CROSS		طريقة الاستبدال +NN INTRA		طريقة الاستبدال و طريقة استبدال التقاطعات +NN +INTRA CROSS	
	المسافة المقطوعة	عدد العربات	المسافة المقطوعة	عدد العربات	المسافة المقطوعة	عدد العربات	المسافة المقطوعة	عدد العربات	المسافة المقطوعة	عدد العربات
C101	117.81	3	257.92	3	257.92	3	191.81	3	191.81	3
C102	126.92	3	247.29	3	238.65	3	215.53	3	201.31	3
C103	122.30	3	266.39	3	246.66	3	218.28	3	200.54	3
C104	165.01	3	257.51	3	237.58	3	217.39	3	193.38	3
C105	124.81	3	293.46	4	293.47	4	271.18	4	269.95	4
C106	124.81	3	297.92	3	257.92	3	191.81	3	191.81	3
C107	117.81	3	258.07	3	258.71	3	239.67	3	239.67	3
C108	127.81	3	290.03	3	258.81	3	249.96	3	240.81	3
C109	121.81	3	258.89	3	258.89	3	202.02	3	192.64	3
Rc101	287.16	4	531.38	5	519.87	5	531.38	5	519.87	5
Rc102	229.74	3	376.10	3	357.73	3	376.10	3	357.73	3
Rc103	221.53	3	436.52	4	413.18	4	436.52	4	413.18	4
Rc104	194.14	3	404.17	4	400.86	4	404.17	4	400.86	4
Rc105	259.46	4	566.05	5	551.96	5	566.05	5	551.96	5
Rc106	191.56	3	375.05	3	303.11	3	370.65	3	303.11	3
Rc107	184.56	3	375.05	3	303.11	3	370.05	3	303.11	3

Rc108	179.99	3	348.19	3	319.13	3	348.19	3	319.31	3
R101	390.33	7	718.19	8	718.19	8	625.19	8	625.19	8
R102	620.73	7	712.95	7	706.73	7	627.85	7	620.73	7
R103	298.39	4	621.54	6	607.94	6	600.24	6	591.97	6
R104	254.96	4	556.27	4	545.00	4	544.92	4	447.36	4
R105	345.72	4	735.38	7	735.38	7	752.57	7	652.57	7
R106	331.81	4	646.56	6	635.01	6	615.20	6	573.37	6
R107	266.20	4	545.06	4	520.52	4	545.06	4	520.52	4
R108	295.36	4	488.09	5	520.60	5	580.06	5	488.09	5
R109	281.52	4	656.99	5	651.42	5	656.99	5	651.42	5
R110	285.80	4	592.69	5	563.83	5	592.69	5	563.83	5

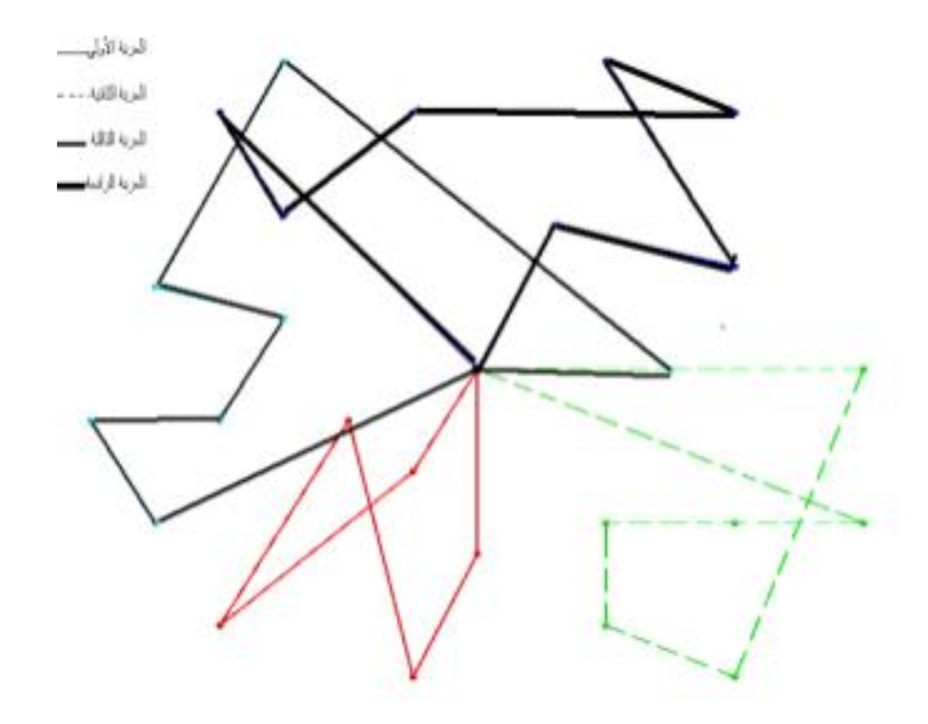
الجدول (3–7) يوضح مقارنة بين نتائج الطريقة المقترحة و طرائق الجار الأقرب

مجموعة المعطيات	القيمة المتوسطة	M_ACO	NN	+NN CROSS	+ NN INTRA	+NN INTRA + CROSS
C	MNV	**3**	3.1	3.1	3.1	3.1
	MTD	**127.34**	269.72	256.51	221.97	208.10
R	MNV	**3.5**	3.75	3.75	3.75	3.75
	MTD	**212.89**	423.21	396.12	425.46	308.15
RC	MNV	**4.6**	5	5.7	5.7	5.7
	MTD	**212.89**	423.21	396.12	425.46	308.15

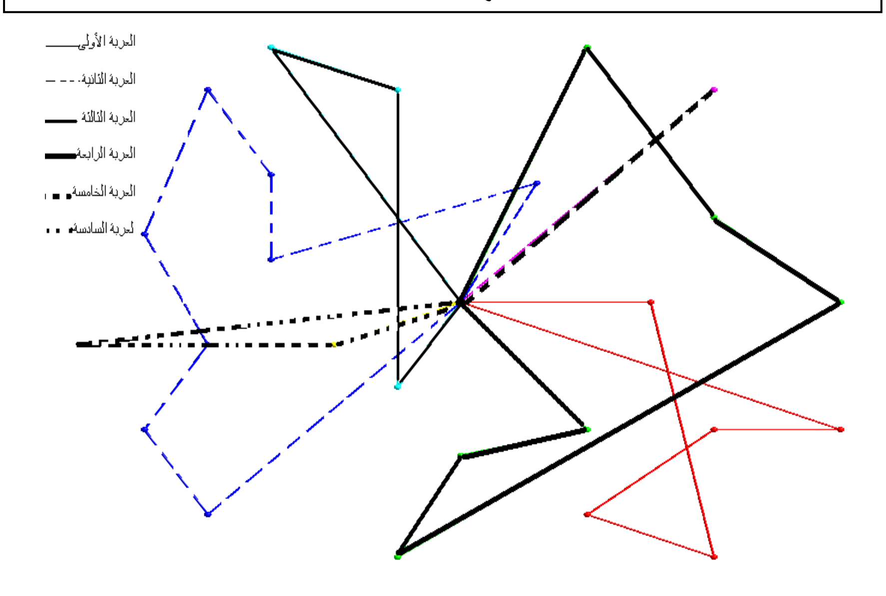
فيهذا الجدول قمنا بعرض نتائج مقارنة الطريقة المقترحة المعتمدة على خوارزمية مستعمرة النمل مع خوارزمية الجار الأقرب وتوسيعاتها في حال تطبيقها على مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية تحت الشروط المبينة في الجدول (2) وسنعتمد في مقارنتنا على متوسط عدد العربات المستخدمة (MNV) ومتوسط المسافة المقطوعة (MTD) وذلك لتسهيل وتبسيط عملية المقارنة ولتصبح النتائج أكثر وضوحاً ولهذا الغرض قمنا بحساب المتوسط لكل من عدد العربات وطول الرحلة (المسافة الإجمالية المقطوعة) في كل حالة من حالات سولمان ومن أجل كل طريقة من الطرائق المستخدمة، والجدول (3–7) يوضح هذه القيم و كذلك نتائج المقارنة.

بالنظر إلى النتائج الموضحة في الجدول (3–7) نلاحظ أن الطريقة المقترحة أعطت نتائج أفضل من نتائج طرائق الجار الأقرب من حيث متوسط طول المسافة المقطوعة وذلك في حالة مجموعة المعطياتC، R,RC .

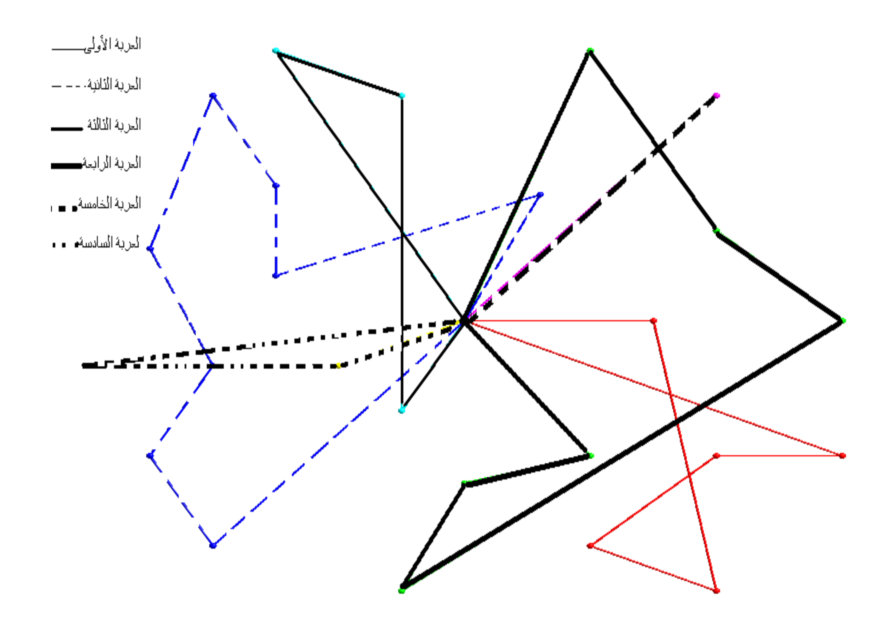
الأشكال التالية (3–8) رسم توضيحي لحل حالة من مسألة سولمان باستخدام خوارزمية النمل و طرائق الجار الأقرب:



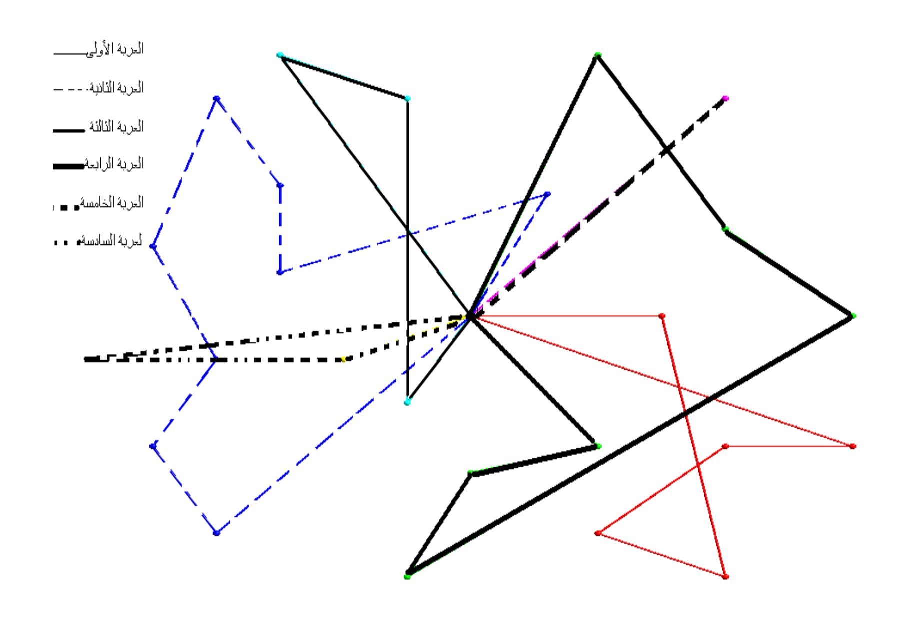
عدد العربات المستخدمة في طريقة النمل المحسنة :4 ، المسافة التي تقطعها : 584.17



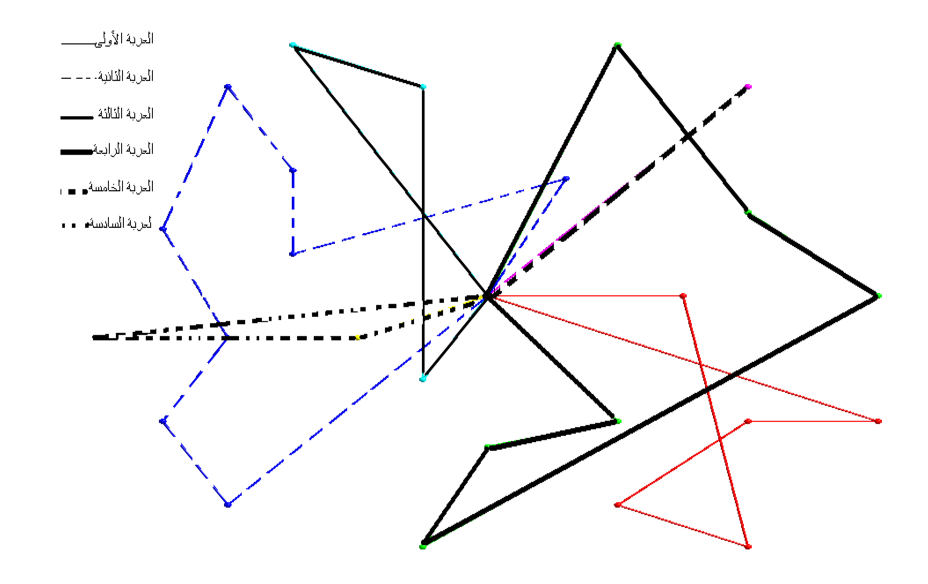
عدد العربات المستخدمة في طريقة الجار الأقرب مع الاستبدال:6 ، المسافة التى تقطعها : 621.54



عدد العربات المستخدمة في طريقة الجار الأقرب مع الاستبدال و تبادل التقاطعات:6 ، المسافة التي تقطعها : 607.94

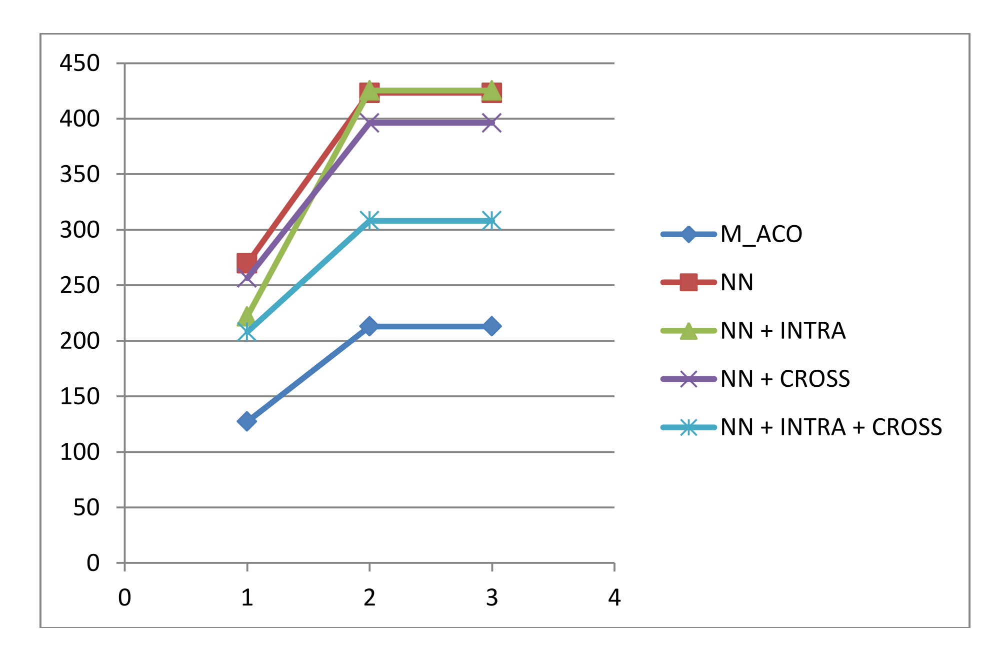


عدد العربات المستخدمة في طريقة الجار الأقرب :6 ، المسافة التي تقطعها: 600.24



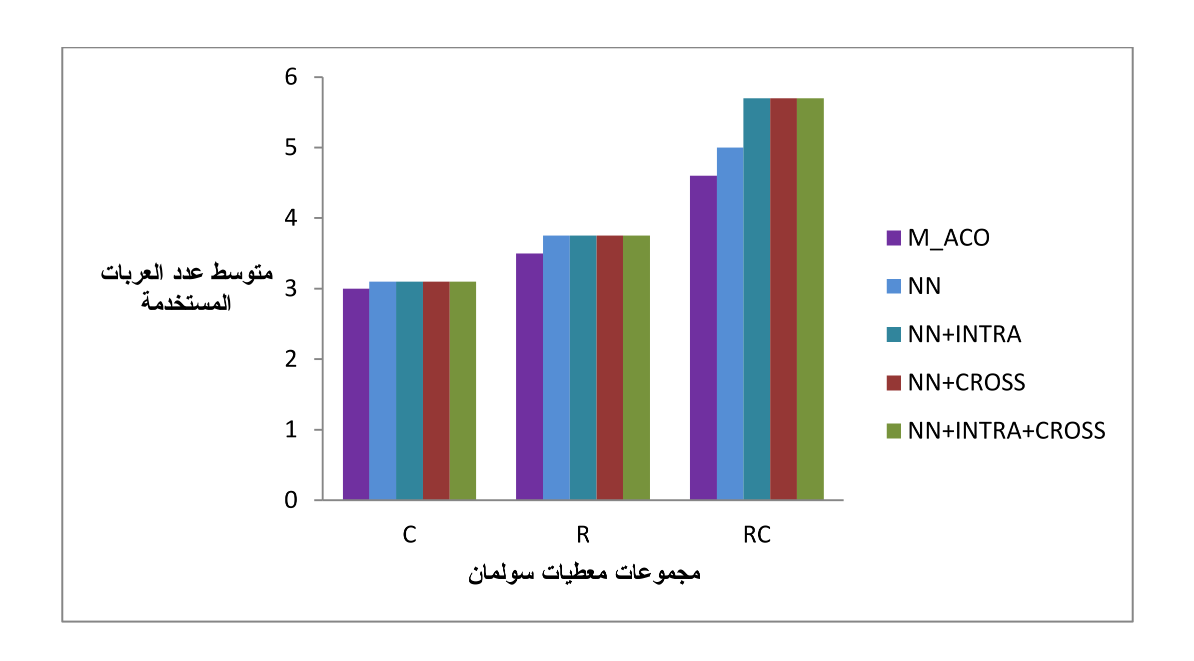
عدد العربات المستخدمة في طريقة الجار الأقرب و الاستبدال: 6 ، المسافة التي تقطعها : 591.97

الشكل (3-8) يتضمن منحني بياني يوضح مقارنة بين الطريقة المقترحة وطرائق الجار الأقرب وذلك من حيث متوسط المسافة المقطوعة (طول الرحلة)، حيث يظهر جلياً أن الطريقة المقترحة تحقق تفوقاً كبيراً على طريقة الجار الأقرب و توسيعاتها المختلفة في جميع حالات مجموعات سولمان C، R,RC وذلك من حيث متوسط المسافة التي تقطعها العربات خلال رحلاتها .



الشكل (3-9): مقارنة نتائج الطريقة المقترحة مع طرائق الجار الأقرب حيث المحور الأفقي يمثل مجموعات سولمان والمحور العمودي يمثل متوسط المسافة المقطوعة.

الشكل (3−10) يتضمن منحني بياني يوضح مقارنة بين الطريقة المقترحة وطرائق الجار الأقرب وذلك من حيث متوسط عدد العربات حيث يظهر أن متوسط عدد العربات في الطريقة المقترحة أفضل مما هي عليه في طريقة الجار الأقرب و توسيعاتها المختلفة في جميع حالات مجموعات سولمان (C، R,RC) وتجد الإشارة هنا إلى أنه في حال عدد الزبائن الذين يتم تخديمهم قليل فإن الفروق بين جميع الطرائق التي يتم مقارنتها في هذه المقالة هي فروقات صغيرة نسبياً لكون عدد العربات اللازمة لتخديم عدد صغير من الزبائن بحد ذاته هو صغير .



الشكل(3−10) : مقارنة نتائج الطريقة المقترحة مع طرائق الجار الأقرب حيث المحور الأفقي يمثل مجموعات سولمان والمحور العمودي يمثل متوسط عدد العربات المستخدمة .

الفصل الرابع

تطبيق خوارزمية النمل المحسنة على توزيع الحليب لشركة الدريعي في حماه

1-4 تطبيق خوارزمية النمل المحسنة على مسألة توزيع الحليب:

تعتبر مسألة توزيع الحليب ومشتقاتها أحد الأمثلة العملية والواقعية لمسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية وفي هذه المقالة سنقوم بتطبيق هذه المسألة باستخدام خوارزمية النمل المحسنة على شركة معروفة في محافظة حماه و هي شركة الدريعي حيث تقوم هذه الشركة بتوزيع الحليب و مشتقاته إلى فروعها الموزعة بشكل عشوائي ضمن منطقة مساحتها 1000 م2 حيث تنتشر هذه المساحات على محافظة حماه و ريفها إذ تبلغ عدد النقاط التوزيع حوالي 50 فرع و أن كل نقطة من هذه النقاط هو عبارة عن منفذ للبيع إن هذه الشركة تملك 25 عربة نقل مهمتها توزيع الحليب و مشتقاته على الفروع المذكورة و أن حمولة كل عربة 700 كيلو غرام.

تبدأ الشركة عملها اليومي الساعة السابعة صباحاً ويجب أن تقوم العربات باستلام كميات الحليب الواجب توصيلها إلى المنافذ خلال فترة زمنية محددة قدرها 230 دقيقة وذلك لتفريغ مخازن الشركة ليتسنى استلام كميات جديدة وإعادة توزيعها لفروعها المختلفة.

كل منفذ من منافذ التجزئة يطلب كمية معينة من الحليب ليقوم ببيعها لزبائنه تجدر الإشارة إلى أنه يجب أن يتم نقل الحليب ومشتقاته من مركز الشركة الرئيسي ضمن فترة زمنية معينة لتفريغ خزانات التخزين لضمان استقبال كميات أخرى من الحليب ، كما أنه يجب أن تعود جميع العربات في نهاية اليوم إلى المركز الرئيسي للشركة لتعاود عملها مجددا في اليوم التالي.

إن عملية توصيل الحليب وتوزيعه إلى منافذ البيع المنتشرة يخضع لقيود زمنية تتعلق بمواعيد توصيل الطلبيات للمنافذ في أوقات معينة وذلك لبيعها للزبائن فمثلا نحتاج أن يصل الحليب في الصباح في ساعة محددة حسب طلبات الزبائن كما أنه يمكن أن يتم إعادة إرسال دفعات ثانية من الحليب للمنافذ جميعها أو بعضها حسب الطلب والحاجة وفي مواعيد مختلفة توافق هذه الطلبات كما أن عملية التوزيع أيضا تخضع لقيد زمني آخر هو فترة الصلاحية التي يبقى فيها الحليب صالحا للاستخدام وبالتالي يجب الأخذ بعين الاعتبار هذه القيود الزمنية في عملية التوزيع .

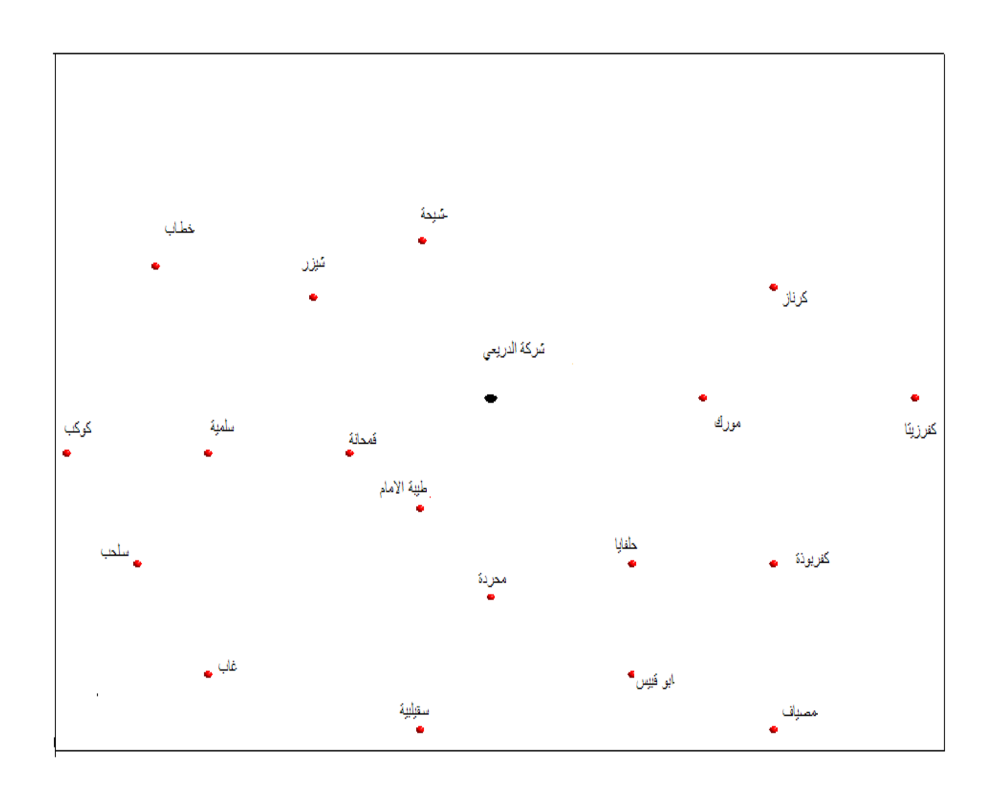
لسهولة التوزيع فإن إدارة الشركة تقوم بتقسيم منافذ التوزيع إلى قطاعات محدودة بحيث تتقارب فيما بينها و حيث سيتم دراسة جميع الحالات الممكنة لتوزيع المنافذ وهي :

الحالة الأولى : حيث أن المنافذ يتم تنظيمها وتوزيعها ضمن مجموعات حيث أن كل مجموعة من المنافذ تتوضع في قطاع معين ضمن المنطقة التي تقوم الشركة بتخديمها.

الحالة الثانية : حيث أن المنافذ تتوزع بشكل عشوائي في المنطقة التي تقوم الشركة بتخديمها وتوصيل الحليب .

الأشكال(4-1) الآتية توضيح للحالة الأولى و الثانية :





الحالة الثالثة: وفيها جزء من المنافذ تتوزع بشكل عشوائي في قسم من المنطقة التي يتم تخديمها بينما الجزء المتبقي من المنافذ يتوزع ضمن مجموعات أو قطاعات في المنطقة التي يتم تخديمها من قبل الشركة.

الجدول (4-1) يوضح كيفية توزيع منافذ البيع بالتجزئة وذلك في حالة كون المنافذ موزعة عشوائيا في المنطقة التي يتم تخديمها وتوصيل الحليب إليها ومواقع هذه المنافذ ممثلاً بإحداثياتها الديكارتية بالإضافة إلى الكمية المطلوبة من الحليب من قبل كل منفذ وكذلك القيود الزمنية التي يخضع لها كل منفذ متمثلة بمجال زمني الذي يجب ضمنه وصول الطلبية للمنفذ أي زمن بدء استلام الحليب وزمن الانتهاء من تسليمه كما أن السطر الأول من الجدول يمثل المعلومات المتعلقة بالمركز الرئيسي لشركة توزيع الحليب ومشتقاته في حماه.

جدول 4-1 : توزيع منافذ البيع لشركة توزيع الحليب ومشتقاته

المنفذ	الموقع الجغرافي للمنفذ		حجم الكمية المطلوبة	زمن بدء الاستلام	زمن انتهاء الاستلام
	الاحداثي الأفقي x	الاحداثي العمودي y			
مركز الرئيسي لشركة الدريعي في حماه	35	35	0	0	230
الدباغة	41	49	100	161	171
الشريعة	35	17	70	50	60
طلعة العلمين	55	45	130	116	126
المرابط	55	20	190	149	159
طيبة الإمام	15	30	200	34	44
حلفايا	25	30	30	99	109
كفرزيتا	20	50	50	81	91

105	95	90	43	10	كرناز
107	97	160	60	55	كفرمبوذة
134	124	160	60	30	صوران
77	67	120	65	20	معردس
73	63	190	35	50	قمحانة
169	159	200	25	30	محردة
42	32	200	10	15	كوكب
71	61	80	5	30	جديدة
85	75	190	20	10	خطاب
167	157	20	30	5	تيزين
97	87	120	40	20	سقيلبية
86	76	170	60	15	سلحب
136	126	90	65	45	مصياف
72	62	110	20	45	نهر بارد
107	97	180	10	45	أبو قبيس
78	68	200	5	55	شيزر
163	153	30	35	65	مورك
182	172	60	20	65	تل ذرة
142	132	170	30	45	بسيرين
47	37	160	40	35	عقرب

49	39	160	37	41	قلعة المضيق
73	63	90	42	64	حيالين
81	71	200	60	40	شطحة
60	50	200	52	31	أم طيور
151	141	200	69	35	ربيعة
47	37	110	52	53	معرة شحور
127	117	140	55	65	كفراع
153	143	80	65	63	ايوو
51	41	50	60	2	ظاهرية
144	134	80	20	20	تلبيسه
93	83	160	5	5	رصيف
54	44	200	12	60	معان
95	85	90	25	40	صابونية
107	97	50	7	42	كفربهم
41	31	50	12	24	حاضر
142	132	70	3	23	جنوب الملعب
79	69	180	14	11	عطشان
42	32	160	38	6	ربيعة
127	117	10	48	2	سلمية
61	51	200	56	8	رصيف

عقارب	13	52	200	165	175
صلاح الدين	6	68	200	108	118
الحميدية	47	47	130	124	134

تم استخدام لغة البرمجة فيجوال ++C لكتابة الخوارزمية المقترحة وتطبيقها على المسألة المعروضة للحصول على النتائج والموضحة بالجدول الأتي :

الجدول (4-2) يوضح نتائج الطريقة المقترحة :

خوارزمية النمل المعدلة	القيمة المتوسطة	توزع منافذ البيع
10.00	NV	الحالة الأولى
883.24	TD	
12	NV	الحالة الثانية
1320.02	TD	
12	NV	الحالة الثالثة
1465.88	TD	

4-2 الخاتمة:

في هذه الأطروحة قمنا بشرح مسألة توجيه العربات بشكل مفصل وكذلك شرحنا الأشكال المختلفة التي ظهرت لهذه المسألة وخاصة مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية وخاصة مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية وكيفية حلها للحصول على أفضل الحلول والتي هي موضوع هذه الأطروحة كما أننا بيّنّا أشهر الطرائق المستخدمة لحل هذه المسائل مثل الخوارزمية الوراثية وخوارزمية النمل. كما أنه قمنا بسبر معظم الدراسات السابقة التي تناولت هذه المسألة والطرائق التي استخدمتها لحل هذه المسألة.

ومن ثم قمنا بعرض مشكلة الدراسة وقدمنا النموذج الرياضي لها وقدمنا الطريقة المقترحة لحل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية وتتلخص هذه الطريقة بتطبيق خوارزمية النمل بعد إدخال بعض التعديلات عليها لحل مسألة توجيه العربات ذات القيد الزمني (VRPTW) بدلاً من استخدام الطرائق التقليدية التي كانت تستخدم لحل هذه المسألة وتمتاز الطريقة المقترحة بأنه يتم تحديث القوائم المرشحة بعد كل تكرار حيث أن جاذبية الأضلاع تعتمد على قيم الحمض المترسبة عليها، وبالتالي عندما يتم تحديث قيم الحمض المترسبة على الأضلاع فإن بعض هذه الأضلاع والتي لم تكن ضمن اللائحة المرشحة من ممكن أن تصبح جذابة لذلك نقوم بتحديث اللوائح المرشحة بعد إجراء التحديث العام للحمض.

كما أن حساب قيمة الحمض المترسبة الأولية لا تعتمد على طول مسافة الطرق المعروفة فحسب وإنما أيضاً تعتمد على الحلول المتاحة التي يتم إيجادها وذلك لتحسين الحل في المراحل التالية. وكذلك لم يعتمد حساب الإمكانية (Visibility) على المسافة بين الزبونين فقط وإنما أيضاً تم أخذ بعين الاعتبار معايير أخرى مثل المسافة بين الزبون ومحطة الانطلاق، والشرط الزمني المرفق بالزبون وكذلك من هي النملة التي يجب أن تتحرك أولاً (الأولوية).

وقد تم استخدام لغة البرمجة ++C لكتابة الخوارزمية المقترحة والتي تم تطبيقها باستخدام مجموعة معطيات سولمان 56، حيث أن النتائج التجريبية التي حصلنا عليها وقد أظهرت الطريقة المقترحة تحسناً واضحاً في النتائج من حيث عدد العربات المستخدمة وطول الرحلة المقطوعة.

كما أننا قمنا بمقارنة الطريقة المقترحة مع أحدى أشهر الطرائق المستخدمة لحل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية وهي الخوارزمية الوراثية ، حيث أظهرت النتائج الحسابية التي تم الحصول عليها بأن الطريقة المقترحة تتفوق على الخوارزمية الوراثية في بعض الحالات من حيث

متوسط طول الرحلة المقطوعة كما أن الطريقة المقترحة أظهرت تفوقاً على الخوارزمية الوراثية في كل الحالات من حيث عدد العربات المستخدمة.

3-4 العمل المستقبلي

العمل الذي تم تقديمه في هذه الأطروحة لحل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية باستخدام خوارزمية مستعمرة النمل المعدلة يفتح أفاقاً لبعض الأعمال المستقبلية التي يمكن أن تكون نقاط بحث مستقبلية وبعض هذه الأعمال المستقبلية يمكن تلخيصها كالتالي :

تطبيق لطريقة المقترحة على أشكال أخرى لمسألة توجيه العربات.

في طريقتنا المقترحة تم اســتخدام خوارزمية التحسين 2-opt ، من الممكن تطبيق خوارزمية التحسين 3-opt أيضاً وذلك لتحسين الطرق التي يتم بناؤها كحل لهذه المسألة.

يمكن أن نستخدم عدة مستعمرات نمل معاً لحل المسألة المطروحة بهدف الحصول على حلول أفضل وبزمن أسرع حيث أن هذه المستعمرات ستعمل على التوازي مع بعضها البعض .

مقارنة الطريقة المقترحة مع طرائق أخرى استخدمتلحل مسألة توجيه العربات ذات القيود الزمنية كبحث توبا أو طريقة الانصهار الزائف.

المراجع:

[1] Nigel Cummings ,"A BRIEF HISTORY OF TSP",First published to members of the OR Society inOR Newsletter June 2000. available at :

http://www.orsoc.org.uk/about/topic/news/article_news_tspjune.htm

[2] DANTZIG G.B.; RAMSER J.H., 959- The Truck Dispatching Problem. Management Science, 6, 80–91.

[3] KHARRAT B.N.; HISSEN H.; RAZAN A.; JAMOUS R.; Journal of Aleppo University " A finding the optimal soluction for Vehicle Routing Problems with Time Windows by using improved Ant Colony Optimization"1\6\2010.

[4] KHARRAT B.N.; HISSEN H.; RAZAN A.; JAMOUS R.; Journal of Aleppo University " a comparison the improved ant colony optimization with the nearest neighbor algorithm to solve vehicle routing problem with time windows"20\10\2010. .

[5] LARSEN J., 1999- "Parallelization of the vehicle routing problem with time Windows," PhD. Thesis, Technical University of Denmark, Lyngby, 183.

[6] AlvinaG.H.Kek, RueyLongCheu, QiangMeng," Distance-constrained capacitated vehicle routing problems with flexible assignment of start and end depots", In Mathematical and Computer Modelling, Volume 47, Issues 1-2, Pages 140-152, January 2008.

[7] Toth P., Vigo D.,"VRP with backhauls", In Society for Industrial and Applied Mathematics, Pages: 195 – 224 , 2001

[8] G. Desaulniers, J. Desrosiers, A. Erdmann, M. M. Solomon, F. Soumis, "VRP with pickup and delivery", chapter book published In "The vehicle routing problem " book, Society for Industrial and

Applied Mathematics, PP: 225 – 242, January 2001.

[9] Braysy and M. Gendreau. "Vehicle routing problem with time windows, Part I: route construction and local search algorithms. Transportation Science,39:104–118,2005

[10] U. Derigs , T. Döhmer," Indirect search for the vehicle routing problem with pickup and delivery and time windows", In OR Spectrum journal (Springer), Volume 30, Number 1 , Pages: 149-165, January, 2008

[11] YingjieZhong, and Michael H. Cole," A vehicle routing problem with backhauls and time windows: a guided local search solution", In Elsevier journal of Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review Volume 41, Issue 2, Pages 131-144, March 2005.

[12] S Chen, B Golden, E Wasil," The Split Delivery Vehicle Routing Problem:Applications, Algorithms, Test Problems, and Computational Results", In journal of International, NETWORKS, Volume 49 , Issue ,July 2007.

[13] U. Pape. Car transportation by truck. In EL. Golden and A.A. Assad, editors, Vehicle Routing: Methods and Studies, North-Holland, Amsterdam, 1988, pp. 425-437.

[14] M.L. Fisher. Vehicle routing. In M.O. Ball, T.L. Magnanti, CL. Monma, and G.L. Nemhauser, editors, Network Routing, Handbooks in Operations Research and Management Science 8, NorthHolland, Amsterdam, 1995, pp. 1-33.

[15] A.E. Rizzoli, R. Montemanni, E. Lucibello and L.M. Gambardella. Ant Colony Optimisation for real world vehicle routing problems: from theory to applications, In Swarm Intelligence journal, Volume 1, Number 2, PP: 135-151,December 2007.

[16] E. Beltrami and L.D. Bodin." Networks and vehicle routing for

municipal waste collection". Networks, Vol 4: isuue1,PP:65-94, 1974.

[17] International Dairy Foods Association (IDEA), Technical report, 1999. Available at www.idfa.org.

[18] B. Deierlein. Truck trends: Special focus on trucks and distribution. Beverage World, May 1998, p. 62.

[19] J. Sankaran and R. Ubgade. Routing tankers for dairy milk pickup. Interfaces, 24:5966, 1994.

[20] P. Eibl, R. Mackenzie, and D. Kidner. Vehicle routing and scheduling in the brewing industry: A case study. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 24:27-37, 1994.

[21] S Chen, B Golden, E Wasil," Routing vehicles in the real world: applications in the solid waste, beverage, food, dairy, and newspaper industries", In Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia, PA, USA , ISBN: 0-89871-498-2,PP: 245 – 286, 2001.

[22] G. Sciarrone. Delivery problems in metropolitan areas-optimizing the distribution of a daily newspaper: An application to the Turin Daily La Stampa. In Freight Transport Planning and Logistics, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 317, Springer-Verlag, Berlin, 1987, pp. 334-349.

[23] Junhyuk Park, Byung-InKim," The school bus routing problem: A review", In European Journal of Operational Research, Volume 202, Issue 2,, Pages 311–319, 2010.

[24] الدكتور **أحمد الخطيب** ، مقرر الذكاء الصنعي لطلبة السنة الخامسة في قسم هندسة الحواسيب–كلية الهندسة الكهربائية والالكترونية–جامعة حلب

[25] "ذكاء أسراب الحشرات" ، ترجمة عفيفي محمود عفيفي ، مراجعة زياد القطب ،مجلة العلوم الصادرة عن مؤسسة الكويت للتقدم العلمي أمريكان، المجلد رقم 17،مايو 2001.

[26] M. Dorigo and T. Stützle, Ant Colony Optimization, Massachusetts Institute of Technology (MIT) Press, 2004.

[27] Kolen, A., Rinnooy A., Trienekens, H., "Vehicle routing with time windows," Operations Research, (35), pp.266-273, 1987.

[28] Jrnsten, K.O., Madsen, O.B.G., Sorensen, B., "Exact solution of the vehicle routing and scheduling problem with time windows by variable splitting," Technical Report, Department of Mathematical Modeling, Technical University of Denmark, 1986.

[29] Halse, K., "Modeling and solving complex vehicle routing problems," Phd. Thesis, Department of Mathematical Modeling, Technical University of Denmark, 1992.

[30] MADSEN, O. B. G. 1988. Variable Splitting and Vehicle Routing Problems with Time Windows. Preprint IBl1988. IMSOR, The Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark.

[31] Fisher ,M.L., Jörnsten , K.O., Madsen, O.B.G., "Vehicle routing with time windows: two optimization algorithms," Operations Research, vol.45,no.3,1997.

[32] Kohl, N., Madsen O., "An optimization algorithm for the vehicle routing problem with time windows based on LagrangeanRelaxation," Operations Research, (45), pp.395-406, 1997

[33] Desrochers, M., Desroiers, J.,Solomon, M.M., "A new optimization algorithm for the vehicle routing problem with time windows," Operation Research, vol.40, pp.342-354, 1992.

[34] Tan, K.C., Lee, L.H., Zhu, Q.L., Ou, K., "Heuristic methods for vehicle routing problem with time windows," Artificial Intelligence in Engineering, (15), pp.281-295, 2001.

[35] Laporte, G. and F. Semet, Classical heuristics for the capacitated VRP, in P. Toth and D. Vigo (editors) The vehicle routing problem, Siam

monographs on discrete mathematics and applications, 109-128, 2001.

[36] Caseau, Y. and F. Laburthe , "Heuristics for Large Constrained Vehicle Routing Problems", Journal of Heuristics 5, 281-303,1999.

[37] Gillet, E., Miller, L.R., “A heuristic algorithm for the vehicle routing dispatch problem,” Operational Research, 22, pp.340-349,1974.

[38] Clarke and Wright's, 1964. G. Clarke and J. Wright , Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. Operations Research 12 (1964), pp. 568–581.

[39] E.K. Baker and J.R. Schaffer, Solution improvement heuristics for the vehicle routing and scheduling problem with time window constraints. American Journal of Mathematical and Management Sciences 6 (1986), pp. 261–300.

[40] Solomon, M.M., “Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints,” Operations Research, vol.35, no.2, pp.254-265, 1987

[41] Savelsbergh, M.W.P., “Local search for routing problems with time windows,” Annals of Operations Research, (4), pp.285-305, 1985

[42] Garcia, B.D., Potvin J., Rousseau J., “A parallel implementation of the tabu search heuristic for vehicle routing problems with time window constraints,” Computers & Operations Research, vol.21, no.9, pp.1025-1033, 1994.

[43] D. R. Delgado Sobrino, O. Moravcik,”A Selection and Application Scheme of Local Search Neighborhood Operators for the Vehicle Routing Problem”,In Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2010(WCECS 2010) ,Vol I, October 20 - 22, 2010, San Francisco, USA.

[44] Croes, G.A., “A method for solving the traveling salesman problems,” Operations Research, (6), pp.791-812, 1958

[45] Chen, P.; Hou-kuan, H. & Xing-Ye, D. (2010). Iterated variable neighborhood descent algorithm for the capacitated vehicle routing

problem. Expert Systems with Applications 37 (2010) 1620–1627.

[46] Or, I. (1976). "Traveling Salesman-Type Problems and their Relation to the Logistics of Regional Blood Banking." PhD thesis, Department of Industrial Engineering and Management Sciences. Northwestern University, Evanston, IL.

[47] Rego, C. and F. Glover. (2002). "Local Search and Metaheuristics." In G. Gutin and A. Punnen (eds.), The Traveling Salesman Problem and Its Variations, volume 12 of Combinatorial Optimization, chapter 8. Dordrecht: Kluwer, pp. 309-368.

[48] Michel Gendreau, Jean-Yves Potvin,"Handbook of Metaheuristics", Second Edition, International Series in Operations Research & Management Science, Volume 146,ISBN 978-1-4419-1663-1, Springer Science & Business Media ,2010.

[49] Voß, S., S. Martello, I. Osman, and C. Roucairol. (1999). Meta-Heuristics: Advances and Trends in Local Search Paradigms for Optimization. Boston: Kluwer Academic.

[50] Blum, C.; Roli, A., "Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview and conceptual comparison ", In ACM Computing Surveys (CSUR), Volume 35 Issue 3, September 2003.

[51] Braysy, O. and Gendreau, M., "Metaheuristics for the Vehicle Routing Problemwith Time Windows," Sintef Technical Report STF42 A01025, Department ofMathematics and Statistics, University of Vaasa, Finland, 2001.

[52] Thangiah, S., Osman, I.H., Sun, T., "Hybrid genetic algorithm, simulated annealing and tabu search method for vehicle routing problems with time windows," Technical Report, UCK/OR94/4, Institute of Mathematics and Statistics, University of Kent,

Canterbury, UK, 1994.

[53] Li, H., Lim, A., "Local Search with annealing-like restarts to solve the VRPTW," European Journal of Operational Research, Corrected Proof, Article in Press., 2003.

[54] Glover F.," Future paths for Integer Programming and Links to Artificial Intelligence", Computers and Operations Research, 5:533-549, 1986.

[55] Garcia, B.D., Potvin J., Rousseau J., "A parallel implementation of the tabu search heuristic for vehicle routing problems with time window constraints," Computers & Operations Research, vol.21, no.9, pp.1025-1033, 1994.

[56] Potvin, J., Kervahut, T., Garcia, B.L., Rousseau, J.M., "The vehicle routingproblem with time windows; part I: tabu search," INFORMS Journal onComputing, (8), pp.158-164, 1995.

[57] H. C. Lau, H. Ono, and Q. Z. Liu. Integrating Local Search and Network Flow to Solve the Inventory Routing Problem. Proc. 19th National Conf. on Artificial Intelligence (AAAI), 9-14, 2002.

[58] Thangiah, Sam R., Kendall Nygard and Paul Juell (1991). GIDEON: A Genetic Algorithm System for Vehicle Routing Problems with Time Windows. Proceedings of the Seventh IEEE Conference on Artificial Intelligence Applications, Miami, Florida, 322-328.

[59] Thangiah, Sam R. (1995). An Adaptive Clustering Method using a Geometric Shape for Vehicle Routing Problems with Time Windows. Proceedings of the Sixth International Conference on Genetic Algorithms, Pittsburgh, Pennsylvania, 536-543.

[60] Potvin,J., Bengio, S., "The vehicle routing problem with time windows-part II: genetic search," INFORMS Journal on Computing, (8), pp.165-172, 1996

[61] Tan, K.C., Lee, L.H., Zhu, Q.L., Ou, K., "Heuristic methods for vehicle routing problem with time windows," Artificial Intelligence in Engineering, (15), pp.281-295, 2001.

[62] Gambardella, L.M., Taillard, E., Agazzi, G., "MACS-VRPTW: A multiple ant colony system for vehicle routing problems with time windows," Technical Report, IDSIA, Lugano, Switzerland, 1999.

[63] ELLABIB I.; BASIR O.; CALAMAI P.A., 2003- New Ant Colony System updating strategy for the Vehicle Routing Problems with Time Windows .In the Proceedings of the Fifth Metaheuristics International Conference (MIC2003), Kyoto, Japan,.

[64] Gambardella, L.M., Dorigo, M., "HAS-SOP: Hybrid Ant System for the Sequential Ordering Problem, Technical Report IDSIA 11-97, IDSIA, Lugano, Switzerland, 1997.

[65] Xuan Tan, XuyaoLuo, W.N. Chen, Jun ZHANG, "Ant Colony System for Optimizing Vehicle Routing Problem with Time Windows," cimca, vol. 2, pp.209-214, International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce Vol-2 (CIMCA-IAWTIC'05), 2005.

[66] M. M. Flood. The traveling salesman problem. Operations Research, 4:61-75, 1956.

[67] Taillard, ´ E., Badeau,P., Gendreau,M., Guertin,F., Potvin,J.Y., "Atabu search Heuristic for the vehicle routing problem with soft time windows". Transportation Science 31(2),170–186,1997.

[68] J.Y. Potvin and J.M. Rousseau," An Exchange Heuristic for Routing Problems with Time Windows", Journal of the Operational Research Society 46, 1433-1446, 1995.

[69] Rochat, Y., Taillard, E.D., "Probabilistic Diversification and intensification in local search for vehicle routing," Journal of Heuristics, (1), pp.147-167, 1995.

[70] Braysy, O., Berger, J., Barkaoi, M., "A new hybrid evolutionary algorithm for the vehicle routing problem with time windows," Presented at the Route 2000-Workshop, Skodsborg, Denmark, 2000.

[71] Braysy, O., "Genetic algorithms for the vehicle routing problem with time windows," Technical Report, Department of Mathematics and Statistics, University of Vaasa, Finland, 1999.

[72] TAN K.C.; LEE L.H.; ZHU Q.L.; OU K., 2001- "Heuristic methods for vehicle routing problem with time windows," Artificial Intelligence in Engineering, Vol 15,PP:281–295.

[73] Larsen, J. (1999). Vehicle Routing with Time Windows - Finding Optimal Solutions Efficiently. Working Paper, Institute of Mathematical Modelling, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark.

[74] Solomon M., 1987- Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. Operations research, 35954-265.

Abstract

The problem of transportation of people, goods or information is commonly denoted as routing problem. As the routing problem has a wide area of application, Optimization of the transportation has become an important issue. The classic vehicle routing problem considers the distribution of goods to geographically scattered customers from a central depot using a homogeneous fleet of vehicles with finite capacity. Each customer has a known demand and can be visited by exactly one vehicle. Each vehicle services the assigned customers in such a way that all customers are fully supplied and the total service does not exceed the vehicle capacity. The vehicle routing problem with time windows (VRPTW) is focused on the efficient use of a fleet of capacitated vehicles that must make a number of stops to serve a set of customers so as to minimize cost, subject to vehicle capacity constraint and service time restrictions imposed at the customer locations. The objective of this problem is to design optimal routes minimizing total distance traveled, minimizing number of vehicles, etc, that satisfy corresponding constraints. Many algorithms appeared to solve the Vehicle Routing Problems with Time Windows (VRPTW), such as Ant Colony Optimization(ACO) , the Genetic Algorithm (GA), Tabu Search (TS), and Simulated Annealing(SA). In this paper, we compare between performance both of Ant Colony Optimization(ACO) , the Nearest Neighbor algorithm (NN) and it's
Nearest Neighbor heuristic), +variants such as (CROSS Exchange
Nearest Neighbor heuristic) and (CROSS +(Intra Exchange
Nearest Neighbor heuristic) in solving +Exchange+ Intra Exchange
the Vehicle Routing Problems with Time Windows (VRPTW). In this thesis, an improved ant colony optimization algorithm is proposed to solve the vehicle routing problem with time windows (VRPTW). The proposed approach consists of four steps. First, a candidate list is formed for each customer in order to reduce computational time. Second, a feasible solution is found, and initial pheromone trails on each arc is calculated using it. Then, routes are constructed. While visibility is calculated during route construction process, the distance

between two customers, customers' distance to the depot and the time window associated with the customer to whom the ant is considered to move are considered. Pheromone trails are modified by both local and global pheromone update. Finally, constructed routes are improved using optimization algorithm. The developed approach is coded in C++ and tested on the well-known 56 benchmark instances of Solomon (1987). To evaluate the proposed method , we compare our results with the best known published results, also we compare our result with the results of the Nearest Neighbor algorithm (NN) and Nearest Neighbor heuristic), +it's variants such as (CROSS Exchange Nearest Neighbor heuristic) and (CROSS +(Intra Exchange Nearest Neighbor heuristic). The +Exchange+ Intra Exchange performance was evaluated in terms of the following measures: Mean Number of Vehicles (MNV) and Mean total Travel Distance (MTD), found for the instances in each data set. The experimental results indicate that the proposed approach produces relatively good solutions, whereas, the result of the proposed approach overcame the best known published results. Also, The experimental results indicate that better results are obtained by the proposed approach over the Nearest Neighbor algorithm (NN) and it's variants, in term of Mean Number of Vehicles (MNV) and Mean total Travel Distance (MTD) on all data sets (R, C, RC). The last, we present a practical application for the proposed method which is applying the proposed method over the Draie Dairy and Cheese Company in Hama City.

Testimony

We witness that the described work in this treatise is the result of scientific search conducted by the candidate RazanJamous under the supervision of Doctor Bashir NourKharratProfessor at theDepartment of Mathematics, Faculty of Science, Aleppo University, and DoctorHissen Hassanat the Department of Mathematics, Faculty of Science, Aleppo University.

Any references mentioned in this work are documented in the text of the treatise.

Candidate	Main supervisor	Assistant supervisor
RAZAN JAMOUS	**Prof. Dr. Bashir NourKharrat**	**Dr. Hissen Hassan**

DECLARATION

I hereby certify that this work "A finding the Optimal Solution for Vehicle Routing Problems with Time Windows by Using improved ant ColonyAlgorithm" has not been accepted for any degree or it is not submitted to any other degree

Candidate

RAZAN JAMOUS

Aleppo University
Faculty of Science
Department of Mathematics,



A finding the Optimal Solution for Vehicle RoutingProblems with Time Windows by Using improved ant ColonyAlgorithm.

Thesis

Submitted in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master's. in Mathematics at the Department of Mathematics, Faculty of Science at Aleppo University

By
Razan Adnan Jamous

2010/1431

Aleppo University
Faculty of Science
Department of Mathematics



A finding the Optimal Solution for Vehicle RoutingProblems with Time Windows by Using improved ant ColonyAlgorithm.

Thesis
Submitted in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master's in the Department of Mathematics, Faculty of Science , University of Aleppo

By
Razan Adnan Jamous

Supervised by

Main supervisor	Assistant supervisor
Prof. Dr.Bashir NourKharrat	Dr.Hissen Hassan

2010/1431